



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



DEAL Martinique
Pointe de Jaham
97274 Schoelcher



Plan d'Action Chlordécone 2008-2010

Détermination de la contamination des milieux aquatiques par le chlordécone

VOLET 3 : Investigations complémentaires -Têtes de bassins versants et Sud Martinique-

Rapport
Août 2011



ASCONIT CONSULTANTS
Agence Caraïbes

ZI Champigny
97224 DUCOS
Tél. 05.96.63 55 78
Mobile : 06.96.25.54.10

Version 3



Principaux Contacts :

Office de l'eau Martinique :

- Julie Gresser Tél. : 05.96.48.40.45
Julie.Gresser@eamartinique.fr

DEAL Martinique :

- Corinne Figueras Tél. : 05.96.71.30.05
Corinne.figueras@developpement-durable.gouv.fr

ASCONIT CONSULTANTS :

- Marion Labeille Tél. : 05.90.41.10.70
marion.labeille@asconit.com
- Charlotte Vergès Tél. : 05.96.63.55.78
charlotte.verges@asconit.com

Sommaire

1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE.....	7
1.1. CONTEXTE DE L'ETUDE	7
1.2. OBJECTIF DE L'ETUDE.....	8
2. PRESENTATION DU PLAN D'ECHANTILLONNAGE	9
2.1. LES SITES D'ECHANTILLONNAGE	9
2.2. LES CAMPAGNES ET LES PRELEVEMENTS REALISES	12
2.3. LES ANALYSES REALISEES	14
2.4. DEROULEMENT DES CAMPAGNES	15
2.4.1. Zoom sur le déroulement de la campagne d'hivernage 2010	15
2.4.2. Zoom sur le déroulement de la campagne de carême 2011.....	16
3. PRESENTATION DES RESULTATS	19
3.1. ELEMENTS DE CADRAGE ET RAPPELS	19
3.2. LE CHLORDECONE ET SON DERIVE	21
3.2.1. Zoom sur les stations du volet 3.....	21
3.2.2. Synthèse sur l'ensemble des stations	27
3.3. LE BETA HCH	44
3.4. ANALYSE DU MODE DE PREPARATION DES ECHANTILLONS.....	44
4. EXPERTISE SUR LA DEFINITION D'ESPECES SENTINELLES COMPLEMENTAIRES	46
4.1. CONTEXTE	46
4.2. DETERMINATION DES ESPECES AYANT PERMIS DE CONSTITUER LE PLUS DE LOTS LORS DES 3 VOLETS.....	47
4.3. ETUDE DES ABONDANCES PAR ESPECES SUR LES STATIONS DCE.....	51
4.4. ANALYSES STATISTIQUES.	53
5. CONCLUSION	55

Liste des tableaux

Tableau 1. Liste des stations du plan chlordécone et types d'analyses associées, année 2010-2011, Volet 3.	10
Tableau 2. Coordonnées géographiques des stations du Volet 3.....	10
Tableau 3 : type de prélèvements à réaliser pour les campagnes du volet 3.....	12
Tableau 4 : Seuils analytiques par molécules et matrices.....	14
Tableau 5 : types et conditions de prélèvements sur les stations du volet 3	15
Tableau 6 : Présentation des lots et des stations contaminées et dépassant la NQE en fonction des campagnes	23
Tableau 7 : Comparaison des résultats obtenus sur les 7 stations étudiées lors du volet 1 et du volet 3.	26
Tableau 8 : Présentation des cours d'eau en fonction des zones et des niveaux de contamination sur l'eau	30
Tableau 9 : Présentation des lots de matière vivante dont la contamination est supérieure à 10 000 µg/kg de PF	34
Tableau 10 : Présentation des cours d'eau en fonction des zones et des niveaux de contamination sur la matière vivante	37
Tableau 11 : Présentation des cours d'eau en fonction de leur zone et des niveaux de contamination sur l'eau et la matière vivante.	39
Tableau 12 : Présentation des résultats en fonction des types de préparation de l'échantillon.....	45
Tableau 13 : Espèces ciblées lors des plans d'échantillonnage des volets 1, 2 et 3	47
Tableau 14 : classement des espèces en fonction de leur taille pour la réalisation d'échantillons...	52
Tableau 15 : Présentation des espèces susceptibles de jouer le rôle d'espèce sentinelle sur les stations où l'emploi du Sicydium n'est pas pertinent	52
Tableau 16. Espèces prélevées par stations pour la campagne d'hivernage 2010 : poids total, masse et médiane de taille des individus prélevés.	58
Tableau 17. Espèces prélevées par stations pour la campagne de carême 2011 : poids total, masse et médiane de taille des individus prélevés.	59
Tableau 18 : Présentation des résultats obtenus lors des campagnes d'hivernage (Novembre 2010) et de carême (Mars 2011)	60
Tableau 19 : Tableau synoptique de la contamination par matrice (les valeurs les plus déclassantes sont prises en comptes)	63
Tableau 20 : Tableau synoptique présentant l'abondance des espèces présentes sur les stations des réseaux DCE et susceptibles de permettre la réalisation d'échantillons	67

Liste des cartes

Carte 1 : Localisation des stations des actions 2 et 5 du plan chlordécone volet 1 (2008-2009), volet 2 (2010) et volet 3 (2010-2011).....	11
Carte 2 : Plan d'échantillonnage réalisé sur les stations du volet 3.....	18
Carte 3 : Résultats obtenus sur l'eau et les sédiments pour le chlordécone et son dérivé, sur les stations du volet 3.....	22
Carte 4 : résultats obtenus sur la matière vivante pour le chlordécone et le 5b-hydro, sur les stations du volet 3.....	24
Carte 5 : résultats obtenus sur l'eau et les sédiments pour le chlordécone, sur les stations des volets 1, 2 et 3.....	28
Carte 6 : résultats obtenus sur l'eau et les sédiments pour le 5b-hydro chlordécone, sur les stations des volets 1, 2 et 3.....	29
Carte 7 : résultats obtenus sur la matière vivante pour le chlordécone, sur les stations des volets 1, 2 et 3.....	35
Carte 8 : résultats obtenus sur la matière vivante pour le 5b hydro chlordécone, sur les stations des volets 1, 2 et 3.....	36
Carte 9 : Présentation par tronçon de la contamination à la chlordécone dans l'eau.	41
Carte 10 : Présentation par tronçon de la contamination à la chlordécone dans les sédiments	42
Carte 11 : Présentation par tronçon de la contamination à la chlordécone dans l'eau.....	43
Carte 12 : résultats obtenus sur l'eau et les sédiments pour le β HCH, sur les stations des volets 1, 2 et 3.....	65
Carte 13 : résultats obtenus sur la matière vivante pour le β HCH, sur les stations des volets 1, 2 et 3.....	66

Liste des figures

Figure 1 : Concentration en chlordécone dans l'eau sur l'ensemble des stations étudiées lors des volets 1, 2 et 3.....	31
Figure 2 : Concentration en chlordécone dans les sédiments sur l'ensemble des stations étudiées lors des volets 1, 2 et 3.....	32
Figure 3 : Répartition des stations (à droite) et des lots (à gauche) en fonction des différentes classes de contamination du chlordécone sur la matière vivante.	33
Figure 4 : Concentration en chlordécone dans la matière vivante sur l'ensemble des stations étudiées lors des volets 1, 2 et 3	38
Figure 5 : Graphique présentant le pourcentage de chacune des espèces dans la constitution des lots	48
Figure 6 : Graphique présentant la composition des lots amont, intermédiaire et aval	49
Figure 7 : Graphique présentant la répartition spatiale de chaque espèce en fonction de leur présence sur les bassins versants, les rivières et les stations étudiées.....	50
Figure 8 : Graphique présentant la répartition altitudinale de chaque espèce en fonction de présence sur chaque type de stations étudiées (amont/aval/intérmédiaire).....	50
Figure 9 : Concentration en chlordécone, en log 10, dans l'eau sur l'ensemble des stations étudiées lors des volets 1, 2 et 3.....	61
Figure 10 : Concentration en chlordécone, en log 10, dans la matière vivante sur l'ensemble des stations étudiées lors des volets 1, 2 et 3	62

1. Contexte et objectif de l'étude

1.1. Contexte de l'étude

Les résultats des suivis des cours d'eau réalisés, entre 1999 et 2006 par la DIREN (actuellement la DEAL) et depuis 2007 par l'Office De l'Eau, montrent une contamination à la chlordécone sur la majorité des cours d'eau aval. Cette contamination à la chlordécone, insecticide organochloré caractérisé par une très forte rémanence et bioaccumulation, pose des questions majeures d'ordre environnementales et sanitaires.

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

Le premier objectif, « 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.

Le niveau et l'étendue de la contamination du milieu aquatique par le chlordécone et quelques autres pesticides ont été étudiés lors d'un premier volet en 2008 et 2009. Le plan d'échantillonnage s'étendait sur quelques 90 stations, sur lesquelles ont été étudiées une partie ou la totalité des matrices suivantes : l'eau, les sédiments, les matières en suspension et la matière vivante. Les résultats de ce premier volet ont démontré une forte contamination de la matière vivante (poissons et crustacés) ainsi qu'une importante étendue géographique de la contamination des milieux aquatiques.

Un second volet, étudiant également l'eau, les sédiments et la matière vivante, a été mis en œuvre en 2010. Contrairement au volet 1, des zones susceptibles d'être éloignées de toute perturbation, et aussi fréquentées par les pêcheurs ont été prospectées. Les résultats ont permis de pondérer les conclusions du premier volet quant à la spatialisation de la contamination des milieux aquatiques et à l'importance des concentrations dans les individus analysés.

La présente étude s'inscrit, ainsi, dans la continuité des 2 études précédentes et fait particulièrement suite aux pistes de recherche et d'amélioration préconisées dans l'étude de 2008 à savoir, entre autres, une investigation en amont des bassins versants.

1.2. Objectif de l'étude

Ce 3^{ème} volet de l'étude « Détermination de la caractérisation de contamination des milieux aquatiques par la chlordécone » est complémentaire aux 2 précédents. Il comporte plusieurs objectifs :

- Compléter les connaissances déjà acquises lors des 2 précédents volets en visant les 4 points suivants :
 - Définir la limite amont de contamination des têtes de bassins, en s'intéressant à des sites situés en amont de points étudiés précédemment et contaminés.
 - Développer la connaissance spatiale de la contamination en étudiant des cours d'eau jamais échantillonnés à ce jour. Cela s'inscrit notamment dans la démarche d'identification de réservoirs biologiques.
 - Finaliser l'expertise sur certains sites, déjà échantillonnés en eau et en sédiments, par l'analyse de la matière vivante.
 - Etudier l'impact de la préparation de l'échantillon de MV en distinguant sur une station l'analyse d'un lot d'individus entiers et l'analyse d'un lot contenant uniquement la chair des individus.
- Réaliser une expertise, basée sur l'ensemble des données acquises au cours des trois volets des actions chlordécone, afin de déterminer une espèce sentinelle complémentaire au *Sicydium* sp. Les espèces qui seront ciblées au cours de cette étude seront incluses au biomonitoring démarré en 2010 dans le cadre de la DCE.

Remarque : *l'analyse réalisée sur l'impact de la préparation de l'échantillon de matière vivante sera individualisée et n'apparaîtra dans la valorisation de l'ensemble. Elle concerne, en effet, une seule station dont le plan d'échantillonnage est totalement différent des autres stations.*

2. Présentation du plan d'échantillonnage

2.1. Les sites d'échantillonnage

Le cahier des charges identifiait 23 stations. Parmi ces dernières, 3 ont été éliminées du fait de leur inaccessibilité. De plus, l'étude des différents accès envisageables pour ces 3 stations, permet de les positionner sur des stations déjà échantillonnées lors du 1^{er} volet. Il a donc été décidé de les éliminer du plan d'échantillonnage. Ces 3 stations sont les suivantes :

- Amont Habitation Denel sur la rivière du Lorrain
- Morne Balai sur la rivière Pocquet
- Porte des bois sur la rivière Basse-Pointe

In fine, ce sont 20 stations qui sont étudiées au cours de ce volet. Huit ont déjà été échantillonnées lors du volet 1 et douze sont nouvelles. Le tableau 1 présente la liste des stations, ainsi que les informations les concernant.

Les nouvelles stations ont avant tout été choisies au regard de leur emplacement en amont des bassins versants. Elles permettent soit d'étudier des zones plus en amont que les volets précédents, soit de se placer entre une station amont non contaminée et une station intermédiaire contaminée. L'étude de cinq de ces stations permettra aussi de compléter les connaissances sur les zones pressenties comme réservoirs biologiques.

Les stations déjà étudiées lors du volet 1 ne l'ont été que pour l'eau et les sédiments. L'analyse de la matière vivante vient ainsi affiner les résultats précédemment obtenus.

L'étude de 4 stations sur la zone Sud Caraïbes, nouvellement prospectées, vient renforcer l'effort d'échantillonnage sur la Martinique.

Ainsi, l'étude de 3 nouveaux bassins versants, sur le Sud Caraïbes, à la fois pour l'eau, les sédiments et la matière vivante et de 4 bassins versants, sur le Sud Atlantique, pour la matière vivante complètent les connaissances acquises lors des deux volets précédents sur:

- 45 bassins versants pour l'eau et les sédiments.
 - Les 3 nouveaux bassins sont : Fond Placide, La Pagerie et Vatable
- 38 bassins versants sur la matière vivante.
 - Les 7 nouveaux bassins sont : Fond Placide, La Pagerie, Vatable, Trou Manuel, Massel, Vauclin et Grand Case.

Un atlas des stations échantillonnées lors de ce troisième volet a été réalisé. Il présente la station, son accès, ses coordonnées géographiques, ainsi que les prélèvements qui y ont été réalisés. Les coordonnées géographiques des stations sont présentées dans le tableau 2 et la carte 1 permet de les localiser.

Tableau 1. Liste des stations du plan chlordécone et types d'analyses associées, année 2010-2011, Volet 3.

Bassin versant	Commune	Rivière	Position	Station	Code station	Code Sandre	Objectif	Statut
Case Navire	Fort-de-France	Dumauzé	Amont	Tunnel didier (amont fontaine didier)	DUM208	08301101	Tête de BV	Nouvelle
Madame	Fort-de-France	Madame	Amont	Amont maison PNRM	MAD168	08421104	Tête de BV	Nouvelle
Lézarde	St-Joseph	Blanche	Intermédiaire	Morne des Olives	BLA220	08512102	Tête de BV	Nouvelle
Lézarde	Gros-Morne	Lézarde	Amont	Bon Air	LEZ130	08503101	Tête de BV	Nouvelle
Vatable	Trois Ilets	Vatable	Aval	Vatable	VAT005	08922101	Réservoir bio	Nouvelle
Pagerie	Trois Ilets	Pagerie	Aval	Golf 3 Ilets - La Pagerie	PAG026	08923101	Réservoir bio	Nouvelle
Fond Placide	Diamant	Fond Placide	Aval	Pont Albert	PLA014	08904101	Réservoir bio	Nouvelle
Fond Placide	Diamant	Fond Placide	Amont	Morne Blanc	PLA100	08902101	Réservoir bio	Nouvelle
Grande Pilote	Rivière Pilote	Petite Pilote	Amont	Baudelle	PPI086	08812102	Tête de BV	Nouvelle
Trou Manuel	Le Marin	Trou Manuel	Aval	Cédalise	TMA003	08732101	Contamination MV	étudiée volet 1
Massel	Le Marin	Massel	Amont	Puyferrat	MAS026	08715102	Contamination MV	étudiée volet 1
Massel	Le Marin	Massel	Aval	Malevaut	MAS004	08715101	Contamination MV	étudiée volet 1
Vauclin	Le Vauclin	Vauclin	Aval	Belle étoile	VAU010	08703102	Contamination MV	étudiée volet 1
Grand Case	Le Vauclin	Grand Case	Aval	Pt RN6 Grande Case	GCA010	08624101	Contamination MV	étudiée volet 1
Galion	Gros-Morne	Galion	Amont	Bras Gommier	GAL290	08221101	Tête de BV	Nouvelle
Sainte-Marie	Sainte-Marie	Bézaudin	Amont	Gué Bézaudin	BEA148	08211101	Contamination MV	étudiée volet 1
St-Jacques	Sainte-Marie	St-Jacques	Amont	Citron	SJA170	08215102	Contamination MV	étudiée volet 1
Lorrain	Marigot	Le Lorrain	Amont	Trace des Jésuites	LOR313	08201101	Tête de BV + Réservoir bio	Nouvelle
Capot	Le Lorrain	Capot	Aval	Prise AEP Vivé Capot	CAP035	08115101	étude chair	étudiée volet 1
Macouba	Macouba	Macouba	Amont	Desiles	MAC200	08103102	Tête de BV	Nouvelle

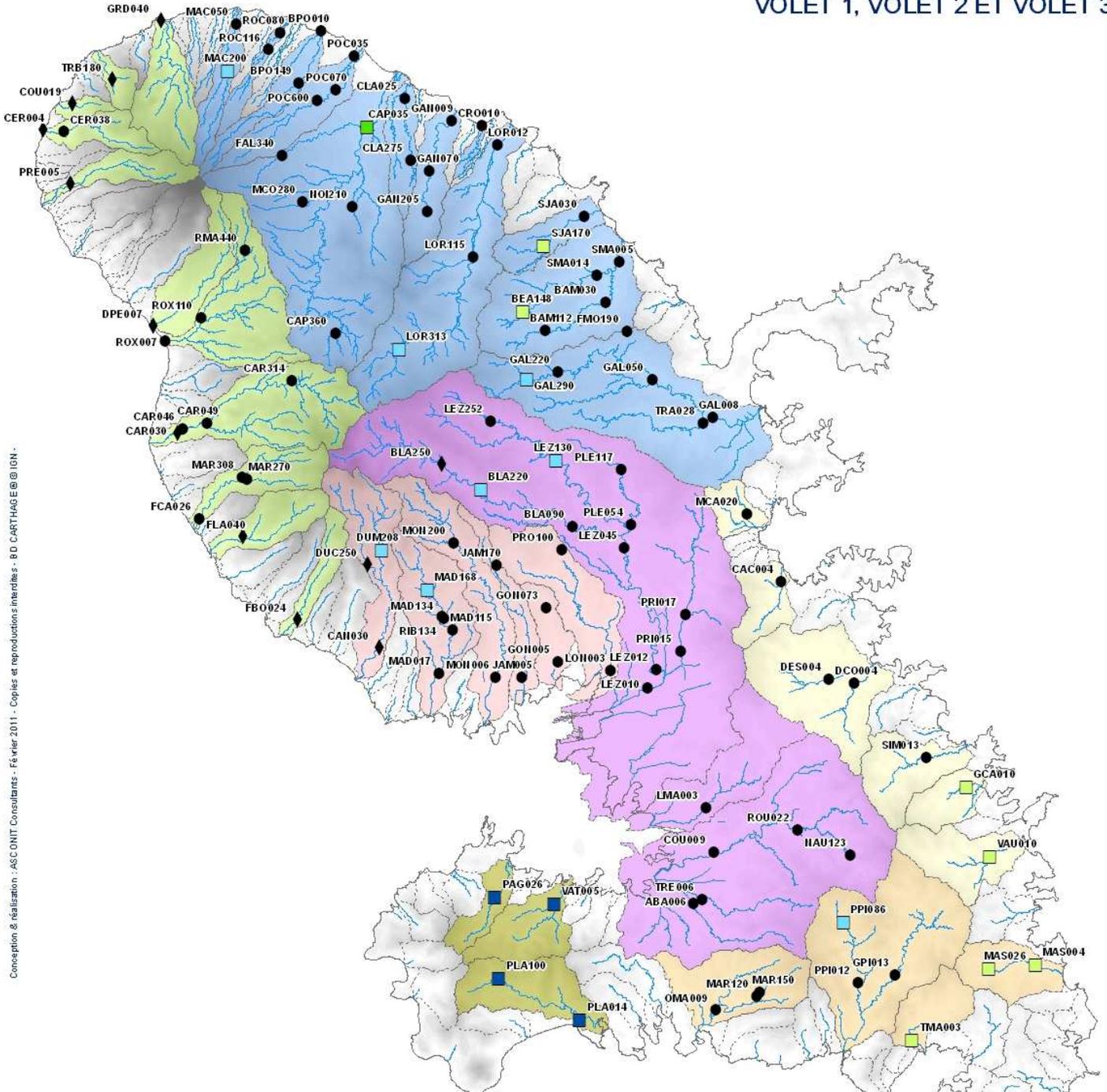
Tableau 2. Coordonnées géographiques des stations du Volet 3

Rivière	Position	Station	Code Sandre	Code Asconit	X	Y
					UTM 20 en WGS 84	
Dumauzé	Amont	Tunnel didier (amont fontaine didier)	08301101	DUM208	705372	1621767
Madame	Amont	Amont maison PNRM	08421104	MAD168	707337	1620507
Blanche	Intermédiaire	Morne des Olives	08512102	BLA220	690567	1640268
Lézarde	Amont	Bon Air	08503101	LEZ130	691746	1637945
Vatable	Aval	Vatable	08922101	VAT005	712818	1607009
Pagerie	Aval	Golf 3 Ilets - La Pagerie	08923101	PAG026	710248	1607247
Fond Placide	Aval	Pont Albert	08904101	PLA014	713891	1602003
Fond Placide	Amont	Morne Blanc	08902101	PLA100	710439	1603833
Petite Pilote	Amont	Baudelle	08812102	PPI086	725164	1606222
Trou Manuel	Aval	Cédalise	08732101	TMA003	728085	1601250
Massel	Amont	Puyferrat	08715102	MAS026	731394	1604240
Massel	Aval	Malevaut	08715101	MAS004	733408	1604373
Vauclin	Aval	Belle étoile	08703102	VAU010	731438	1609003
Grand Case	Aval	Pt RN6 Grande Case	08624101	GCA010	730754	1611760
Galion	Amont	Bras Gommier	08221101	GAL290	711279	1629579
Bézaudin	Amont	Gué Bézaudin	08211101	BEA148	711455	1632603
St Jacques	Amont	Citron	08215102	SJA170	698859	1643981
Le Lorrain	Amont	Trace des Jésuites	08201101	LOR313	705986	1631116
Capot	Aval	Prise AEP Vivé Capot	08115101	CAP035	704729	1640557
Macouba	Amont	Desiles	08103102	MAC200	698859	1643981

Carte 1 : Localisation des stations des actions 2 et 5 du plan chlordécone volet 1 (2008-2009), volet 2 (2010) et volet 3 (2010-2011)



SITUATION GÉOGRAPHIQUE DES STATIONS DU PLAN CHLORDÉCONE VOLET 1, VOLET 2 ET VOLET 3



Positionnement des bassins versants par rapport aux grandes zones de la martinique

- Agglomération Foyalaïse
- Centre
- Nord Atlantique
- Nord Caraïbes
- Sud Caraïbes
- Sud
- Sud Atlantique

Stations prélevées

- Station prélevée - volet 1
- Station prélevée - volet 2
- Stations prélevées au volet 3
 - Contamination de la matière vivante
 - Etude chair
 - Tête de bassin versant
 - Réservoir biologique potentiel
- Cours d'eau
- Bassin versant



2.2. Les campagnes et les prélèvements réalisés

Deux campagnes se sont déroulées lors de ce 3^{ème} volet. L'une pendant l'**hivernage** en **novembre 2010** et la seconde pendant le **carême** en **mars 2011**.

Le **programme d'échantillonnage** établi distingue les prélèvements à réaliser lors des 2 campagnes. Il est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 3 : type de prélèvements à réaliser pour les campagnes du volet 3

	Niveau Hydrologique	Eau	Sédiment	MES	Matière vivante
Hivernage	Moyennes ou hautes eaux	Oui	Non	Oui	Oui
Carême	Basses eaux	Oui	Oui	Non	Oui

Comme lors des précédents volets 4 matrices ont été prélevées sur l'ensemble des stations : l'eau, les sédiments, les matières en suspension et la matière vivante. Toutes les matrices ont été prélevées le même jour sur chaque station¹.

Un **programme d'échantillonnage complémentaire** est réalisé sur la station « Prise d'eau AEP Vivé Capot ». Il n'a lieu que pendant la campagne d'hivernage, seule la matrice matière vivante est prélevée. Pour ce site, les animaux sont transmis au laboratoire sous 2 formes distinctes :

Lot 1) : animaux entiers et congelés

Lot 2) : Chair uniquement et congelée

Les **méthodes d'échantillonnage** mises en œuvre pour chaque matrice sont rappelées ci-dessous :

➤ Prélèvement d'eau

Le mode d'échantillonnage et les prélèvements ont été effectués selon le protocole décrit dans la norme française NF EN ISO 5667 et repris dans le guide technique d'échantillonnage en rivière de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (Novembre 2006). Les principales prescriptions que nous avons mises en œuvre sont les suivantes :

- Un prélèvement ponctuel et manuel est effectué dans la veine centrale du cours d'eau, dans le sens du courant de préférence loin des berges et des obstacles présents dans le lit, à une profondeur d'environ 30 cm sous la surface de l'eau et à 50 cm au dessus, sinon à mi-profondeur, en évitant de prélever les eaux de surface et de remettre en suspension les dépôts du fond.
- Le flaconnage est rincé 3 fois puis rempli lentement en évitant le barbotage et l'emprisonnement d'air à la fermeture.

➤ Prélèvement de MES :

Lors de la campagne d'hivernage un volume d'eau plus important a été prélevé afin de réaliser les analyses de substances sur les MES.

¹ Un point présentera, toutefois, dans la partie 2.4. une exception à cette règle.

➤ Prélèvement de sédiments

Le mode d'échantillonnage et les prélèvements ont été effectués selon le protocole décrit dans le guide technique d'échantillonnage en rivière de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (Novembre 2006). Les principales prescriptions que nous avons mises en œuvre sont les suivantes :

- Les sédiments sont prélevés uniquement sur les stations pourvues de fraction fine (<2mm) permettant le prélèvement en trois zones différentes, préférentiellement le centre du chenal et chacune des rives. Si ces conditions ne sont pas réunies le prélèvement n'est pas réalisé.
- Le prélèvement doit être d'environ 200g. Il est réalisé à l'aide d'une benne spécifique ou d'un instrument similaire, type écope, sur la couche superficielle, de 2 à 5 cm, des zones de dépôt toujours immergées.

➤ Prélèvement de matières vivantes

Le mode d'échantillonnage, et les prélèvements ont été effectués conformément à la norme NF EN 14011. Les échantillons de poissons et de crustacés ont été prélevés par pêches électriques. La pêche a été réalisée de manière à obtenir la meilleure probabilité de capture des espèces désirées. L'homogénéité des lots en termes de tailles est essentielle pour diminuer les biais statistiques dans la comparaison des résultats. Ainsi, ceux présentant une taille similaire ont été conservés en priorité, et chaque individu fait l'objet d'une mesure. Les individus grainés ne sont pas prélevés.

Conformément au cahier des charges les espèces ont été choisies en fonction du niveau de priorité suivant² :

En priorité 1 se placent :

- Poisson : le *Sicydium sp.* qui a été défini comme espèce sentinelle,
- Crustacé : les *Atya scabra* ou *Atya innocous*.

En priorité 2 se placent :

- Poisson : l'*Eleotris perniger*,
- Crustacé : les *Macrobrachium crenulatum* et *Macrobrachium heterochirus*.

En priorité 3, et correspondant plutôt à un aspect sanitaire, se placent :

- Poisson : l'*Anguilla rostrata*,
- Crustacé : le *Macrobrachium carcinus*

Si toutefois ces taxons ne sont pas présents d'autres seront prélevés s'ils permettent de constituer des lots homogènes.

Un lot est constitué d'au moins 3 individus. Sur chacune des stations 2 lots ont été réalisés, parmi lesquels au moins une espèce de crustacés et une espèce de poissons. Toutefois sur certaines stations, la biomasse présente n'a pas permis la constitution de 2 lots ainsi que la constitution d'un lot de poisson et d'un lot de crustacé.

Remarques :

- Pour les espèces abondantes sur un site : un prélèvement maximum de 200g a été réalisé
- Pour les espèces à faible biomasse sur un site : une valeur « objectif » est fixée à 100g ;
- En cas de réelles difficultés et au bout de 1h30 de pêche, un minimum de 25g est accepté. Ce seuil était de 60g lors des 2 précédents volets, mais le LDA 26, nous a informés de sa capacité à réaliser l'ensemble des analyses avec un échantillon de cette masse (2g pour analyse chlordécone, 10g pour analyse β HCH, 2 g pour matière grasse et 10g pour matière sèche). Cette masse ne permet toutefois pas la réalisation d'un doublon en cas de doute sur la première analyse.

² Le niveau de priorité de l'espèce est défini suite aux observations issues de la phase 2008-2009.

2.3. Les analyses réalisées

Les molécules recherchées sont les mêmes que celles du second volet :

- ✓ le chlordécone et son dérivé le 5b hydro chlordécone,
- ✓ le β HCH.

Ce sont tous les deux des insecticides organochlorés.

Comme pour les volets précédents de l'étude, l'ensemble des analyses a été réalisé par le **Laboratoire Départemental de la Drôme**, ou LDA 26. Les limites de quantification du laboratoire pour ces paramètres sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 4 : Seuils analytiques par molécules et matrices

Seuils		Chlordécone et chlordécone 5b-hydro	β HCH
Limite de quantification	Eau	0,003 $\mu\text{g/L}$	0,01 $\mu\text{g/L}$
	Sédiment	10 $\mu\text{g/kg MS}$	5 $\mu\text{g/kg MS}$
	Matière vivante	10 $\mu\text{g/kg PF}$	1 $\mu\text{g/kg PF}$

Pour la matière vivante le seuil de quantification est annoncé par le laboratoire est de 10 $\mu\text{g/kg PF}$. Cependant, les résultats sont fournis avec un seuil allant jusqu'à 5 $\mu\text{g/kg PF}$.

En ce qui concerne l'eau et les sédiments pour le chlordécone, les analyses sont réalisées avec les méthodes préconisées par l'ANSES (Fusion AFSSA-AFSSET), mais dont les seuils de quantification sont plus élevés : 0,01 $\mu\text{g/L}$ pour l'eau et à 5 $\mu\text{g/kg}$ pour les sédiments.

Les **méthodes de préparation** et de **dosage** sont brièvement exposées ci-dessous :

- Analyse de l'eau : les échantillons d'eau seront analysés sous forme brute donc sur la totalité de l'échantillon, y compris les MES si leur charge est acceptable (<250 mg/L). Outre les substances présentées précédemment, les MES contenues dans l'eau seront aussi dosées.

Méthode utilisée par LDA 26 : CMO-MT02

- Analyse de MES : Ces analyses viendront compléter les analyses d'eau lors de la campagne d'hivernage. Le laboratoire procédera à la séparation par filtration avec des filtres fibres de verres de porosité 1 μm (ref. Whatman 1821 110 fibres verres ou similaire). L'analyse des substances sera ensuite réalisée dès que le taux de MES est suffisant, *i.e.* supérieur à 250 mg/L.

Méthode utilisée par LDA 26 : CMO-MT06

- Analyse de sédiments : les échantillons seront tamisés à 2 mm et l'analyse réalisée sur la fraction fine inférieure à 2 mm. La quantité nécessaire à l'analyse des fines est de 200g, un minimum de 70g est toutefois accepté par le laboratoire. Si la quantité de fines est insuffisante l'échantillon est déclaré non recevable et les analyses chimiques non réalisées. Tous les échantillons seront lyophilisés et une matière sèche sera réalisée pour exprimer le résultat en $\mu\text{g/kg}$ de MS.

Méthode utilisée par LDA 26 : CMO-MT06

- Analyse de la matière vivante : Les poissons et crustacés seront analysés entiers, ou seulement la chair pour les échantillons de la station « Prise d'eau AEP Vivé Capot ». La prise d'essai pour l'analyse a lieu après le broyage et l'homogénéisation de l'échantillon. Le poids sec et la teneur en matière grasse de chaque échantillon seront mesurés.

Méthode utilisée par LDA 26 : AFFSA/TOPPOP/04

Les méthodes analytiques utilisées par le laboratoire sont normalisées ou accréditées par les programmes COFRAC, et AFSSA pour les matières vivantes.

2.4. Déroulement des campagnes

La campagne **d'hivernage** s'est déroulée entre le **15 et le 23 novembre 2010**, celle de **carême** entre le **21 et 28 mars 2011**.

L'ensemble des informations - date d'intervention, matrices prélevées, conditions météorologique et hydrologique - relatives à chacune des campagnes est présenté dans le tableau suivant. Les informations quant à l'échantillonnage sont synthétisées sur la carte 2, présentée p 17.

Tableau 5 : types et conditions de prélèvements sur les stations du volet 3

Bassin versant	Commune	Rivière	Position	Station	Code		Hivernage 2010						Carême 2011					
					Sandre	Asconit	MV	Eau	MES	SED	Météo	Hydrologie	MV	Eau	SED	MES	Météo	Hydrologie
Case Navire	Fort-de-France	Dumauzé	Amont	Tunnel didier (amont fontaine didier)	08301101	DUM208	17-nov.				Pluvieux	Moy. eaux	24-mars				Couvert	Basses eaux
Madame	Fort-de-France	Madame	Amont	Amont maison PNRM	08421104	MAD168	17-nov.				Pluvieux	Moy. eaux	24-mars et 28 pour MV				Soleil	Basses eaux
Lézarde	St-Joseph	Blanche	Intermédiaire	Morne des Olives	08512102	BLA220	17-nov.				Pluvieux	Moy. eaux	28-mars				Soleil	Basses eaux
Lézarde	Gros-Morne	Lézarde	Amont	Bon Air	08503101	LEZ130			17-nov.		Pluvieux	Moy. eaux		28-mars		Soleil	Basses eaux	
Vatable	Trois Ilets	Vatable	Aval	Vatable	08922101	VAT005	15-nov.				Soleil	Moy. eaux		x (21-mars)		Soleil	Basses eaux	
Pagerie	Trois Ilets	Pagerie	Aval	Golf 3 Ilets - La Pagerie	08923101	PAG026	X	15-nov.			Soleil	Moy. eaux		21-mars		Soleil	Basses eaux	
Fond Placide	Diamant	Fond Placide	Aval	Pont Albert	08904101	PLA014	15-nov.				Soleil	Basses eaux		21-mars		Soleil	Basses eaux	
Fond Placide	Diamant	Fond Placide	Amont	Morne Blanc	08902101	PLA100	X	15-nov.			Soleil	Basses eaux		x (21-mars)		Soleil	Basses eaux	
Grande Pilote	Rivière Pilote	Petite Pilote	Amont	Baudelle	08812102	PPI086	15-nov.				Soleil	Moy. eaux	21-mars				Soleil	Basses eaux
Trou Manuel	Le Marin	Trou Manuel	Aval	Cédalise	08732101	TMA003	15-nov.				Soleil	Moy. eaux		21-mars		Pluvieux	Basses eaux	
Massel	Le Marin	Massel	Amont	Puyferrat	08715102	MAS026	16-nov.				Soleil	Moy. eaux	23-mars				Soleil	Basses eaux
Massel	Le Marin	Massel	Aval	Malevaut	08715101	MAS004	16-nov.				Soleil	Moy. eaux	23-mars				Soleil	Basses eaux
Vauclin	Le Vauclin	Vauclin	Aval	Belle étoile	08703102	VAU010	16-nov.				Soleil	Moy. eaux	23-mars				Soleil	Basses eaux
Grand Case	Le Vauclin	Grand Case	Aval	Pt RN6 Grande Case	08624101	GCA010	16-nov.				Soleil	Basses eaux	x	23-mars		Soleil	Basses eaux	
Galion	Gros-Morne	Galion	Amont	Bras Gommier	08221101	GAL290	17-nov.				Pluvieux	Moy. eaux	28-mars				Soleil	Basses eaux
Sainte-Marie	Sainte-Marie	Bézaudin	Amont	Gué Bézaudin	08211101	BEA148	17-nov.				Pluvieux	Moy. eaux	22-mars				Couvert	Basses eaux
St-Jacques	Sainte-Marie	St Jacques	Amont	Citron	08215102	SJA170	18-nov.				Pluvieux	Hautes eaux	22-mars				Pluvieux	Basses eaux
Lorrain	Marigot	Le Lorrain	Amont	Trace des Jésuites	08201101	LOR313	18-nov.				Pluvieux	Moy. eaux	24-mars				Pluvieux	Basses eaux
Capot	Le Lorrain	Capot	Aval	Prise AEP Vivé Capot	08115101	CAP035	22-nov.				Couvert	Moy. eaux						
Macouba	Macouba	Macouba	Amont	Desiles	08103102	MAC200	23-nov.				Soleil	Moy. eaux	22-mars				Soleil	Basses eaux

Légende :  Non demandé dans la prestation X Les conditions n'ont pas permis la réalisation des prélèvements prévus

2.4.1. Zoom sur le déroulement de la campagne d'hivernage 2010

L'hydrologie lors des prélèvements était globalement caractérisée par de moyennes à hautes eaux. Certains cours d'eau du sud étaient caractérisés par de basses eaux.

En ce qui concerne les conditions météorologiques, si la fréquence des jours de pluie reste normale pour un mois de novembre, certains épisodes donnent de grosses quantités d'eau. C'est le cas des pluies s'abattant du 17 au 19 qui ont été particulièrement abondantes. En 3 jours, il s'est déversé, par endroit, l'équivalent de la moitié de ce qu'il tombe habituellement en novembre (Source : Météo France Antilles Guyane). Ainsi, les prélèvements ont été réalisés dans des conditions globales correspondant bien à une fin de saison d'hivernage.

L'ensemble des prélèvements sur les matrices « eau » et « sédiments » a pu être réalisé dans de bonnes conditions.

Les prélèvements de l'ichtyofaune et de la carcinofaune n'ont pas pu être réalisés sur les 2 stations suivantes :

- La station **Morne Blanc n'a pas pu être échantillonnée en matière vivante** en raison d'absence d'eau en quantité suffisante. En effet, seul un filet d'eau courait dans le lit de la rivière, ce dernier a tout de même permis de réaliser le prélèvement d'eau.

- **La station Golf 3 Ilets – La Pagerie** a, quant à elle été pêchée, mais **aucun lot n'a pu être constitué**. Seules des *Atya* sp ont été obtenues en quantité suffisante, mais la majorité des individus était grainée.

Il est important de signaler que les pêches de cette campagne ont été marquées par une abondance de la carcinofaune et de l'ichtyofaune bien plus faible que les années précédentes et que la campagne d'hivernage du volet 2. Ainsi, comme cela est présenté dans le tableau résumant les lots pêchés, en annexe 1, il a été très complexe et quasi impossible de réaliser des lots ayant un poids minimum de 60g sur l'ensemble des stations. Une attention particulière a toutefois été portée sur les spécimens choisis, de façon à avoir des classes de tailles similaires entre les stations pour une même espèce.

2.4.2. Zoom sur le déroulement de la campagne de carême 2011

Malgré une pluviométrie élevée pour un mois de mars, notamment sur les communes de la façade atlantique et du nord (Source : Météo France Antilles Guyane), l'hydrologie lors des prélèvements était globalement caractérisée par des basses eaux. Certains cours d'eau du Sud et du Sud Caraïbes étaient caractérisés par des assècs.

Les 14 prélèvements d'eau **prévus ont tous été réalisés**.

Deux stations n'ont **pas pu permettre** la réalisation des **prélèvements de sédiments** :

- La station **Morne Blanc** sur la rivière Fond Placide était à sec.
- La station **Vatable** sur la rivière éponyme, était constituée d'une flaque avec un substrat de types pierres/galets ou blocs.

Les pêches ont été réalisées sur les 13 stations. La station Pont RN6 Grand Case n'a toutefois **pas permis de constituer de lot**, du fait de l'étiage relativement sévère que présentait la station. Aucun crustacé ou poisson n'a été rencontré lors du sondage.

Le second tableau de l'annexe 1 rapporte les espèces prélevées à chaque station, avec le poids, le nombre d'individus et la médiane des tailles de l'échantillon.

Sur les 12 stations pêchées, 8 ont permis le prélèvement des 2 espèces de priorité 1 : *Sicydium* sp et *Atya scabra/innocous*.

Voici quelques remarques sur les 4 autres stations :

- Belle étoile sur la rivière du Vauclin et Baudelle sur la rivière Petite Pilote : 2 lots de poissons, dont 1 non ciblé (*A. monticola*)
- Puyferrat sur la rivière Massel : 1 seul lot constitué d'*A. monticola* non ciblé.
- Malevaut sur la rivière Massel : les 2 lots sont constitués par des espèces non ciblées : *M. Acanthurus* et *G. dormitor*.
- Sur la station Amont maison PNRM les prélèvements de sédiments/eau et de matières vivantes n'ont pas pu être réalisés simultanément en raison d'un problème technique sur l'appareil de pêche.

Comme lors des dernières campagnes, mais dans une moindre mesure, l'abondance de la carcinofaune et de l'ichtyofaune a été sur certaines stations relativement faible. Il a donc été complexe de réaliser des lots ayant un poids minimum de 50-60g sur l'ensemble des stations. Ainsi, 6 lots sur les 24 obtenus, ont un poids compris entre 25 et 42g.

Quand cela a été possible, une attention particulière a toutefois été portée sur les spécimens choisis, de façon à avoir des classes de tailles similaires pour les individus d'un même lot. Sur certains lots principalement ceux de faibles poids et composés de nombreux individus ou ceux composés de 3 individus, cela n'a pas été possible (par exemple : *G. dormitor* et *M. Acanthurus* sur la station Maulevaut, les *sicydium* sp sur les stations Gué Bezaudin, Baudelle).

Enfin, sur la station de la Trace des Jésuites trois lots ont été constitués. En effet, les deux premiers permettant d'analyser les espèces prioritaires ont de faibles poids (26 et 25g). Le dernier lot composé de *M. heterochirus* (priorité 2) a une masse totale permettant de réaliser une analyse complémentaire en cas de doute sur les résultats.

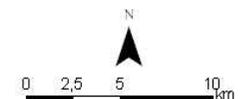
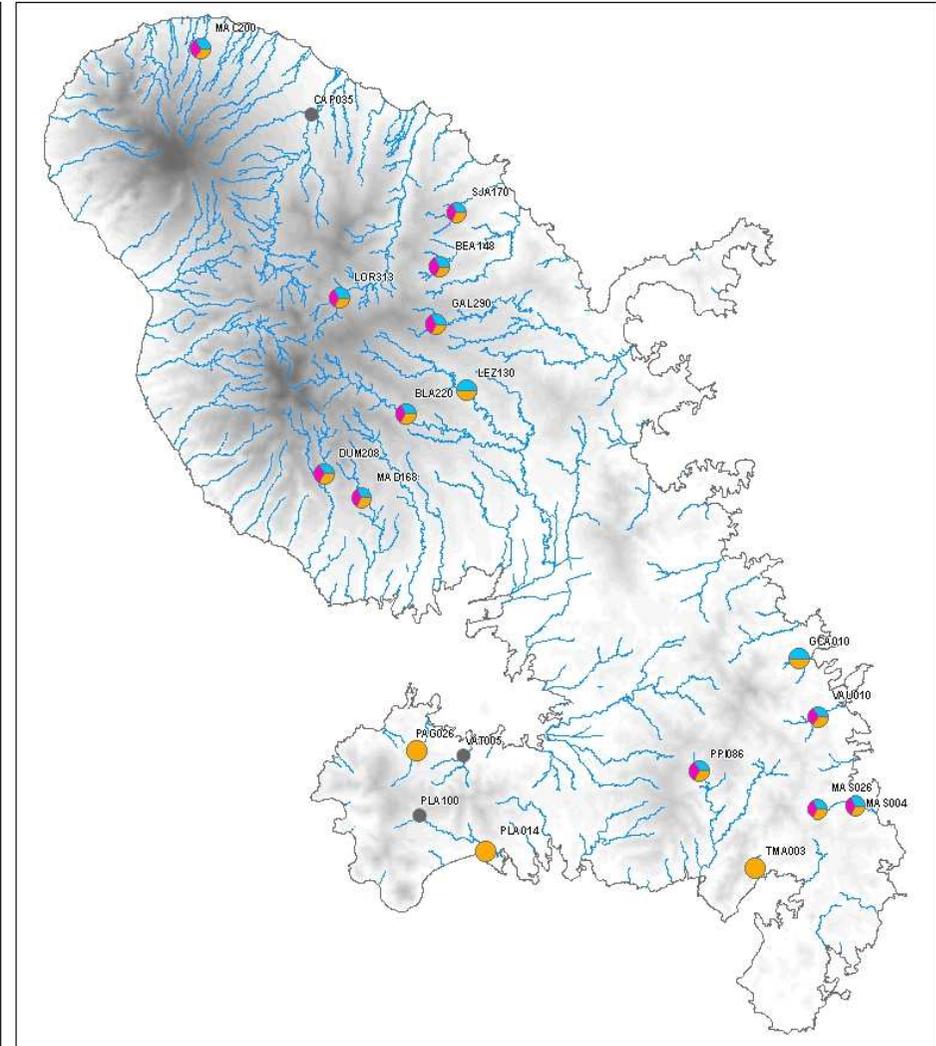
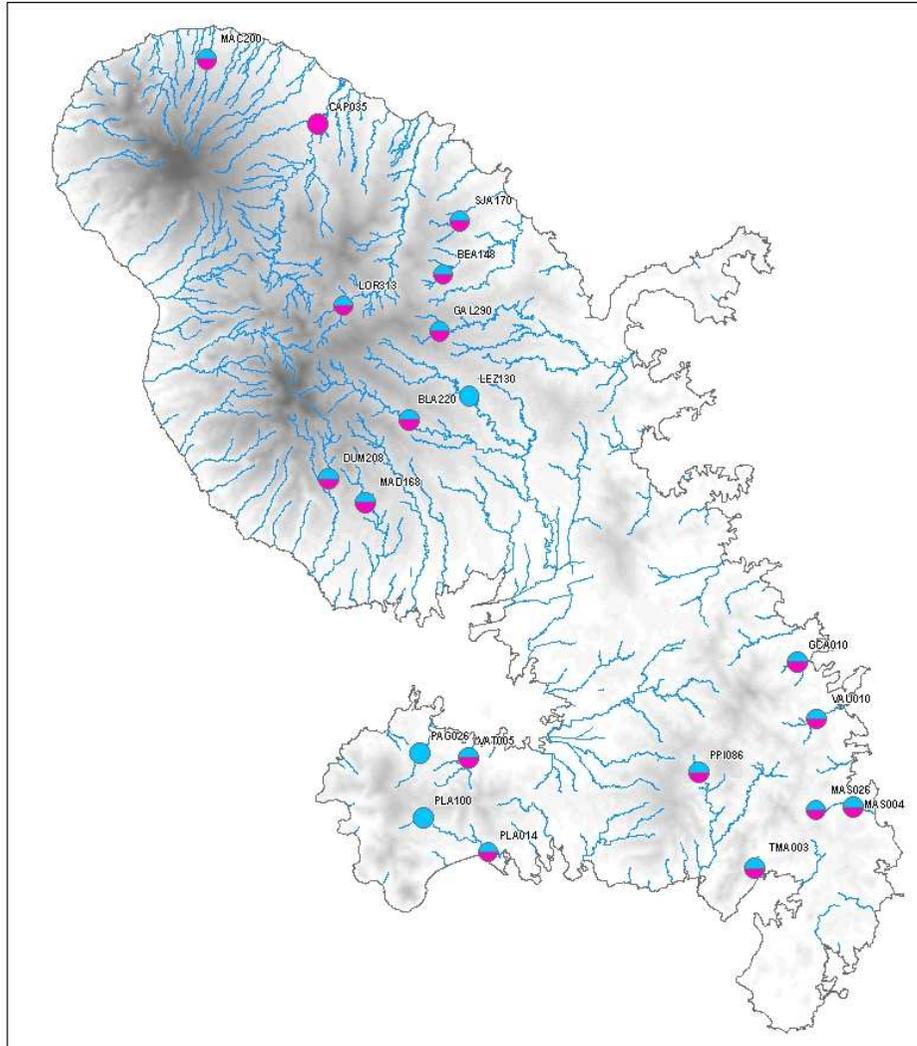
Carte 2 : Plan d'échantillonnage réalisé sur les stations du volet 3



**MATRICES PRÉLEVÉES SUR LES STATIONS DU PLAN CHLORDÉCONE
VOLET 3**

Hivernage 2010

Carême 2011



3. Présentation des résultats

3.1. Eléments de cadrage et rappels

Quelques précisions doivent être apportées afin de comprendre au mieux les résultats présentés, ainsi que leur articulation entre les différents volets.

Les seuils de quantification :

Entre les volets 1 et 2 de cette étude, le LDA 26 avait réalisé des efforts de recherche sur les seuils de quantification de la chlordécone sur les matrices « eau » et « sédiments ». Ces derniers étaient passés pour :

- L'eau de 0.01 à 0.003 µg/l
- Les sédiments de 10 à 0.15 µg/Kg de MS
- Lors de ce 3^{ème} volet, il a été décidé de continuer à travailler avec les seuils les plus fins pour l'eau, soit 0.003 µg/l, et de revenir au seuil classique de 10 µg/Kg de MS pour les sédiments.

Représentation cartographique de la contamination de l'eau et des sédiments :

Ces différentes modifications peuvent engendrer des complications dans le traitement et la valorisation des résultats entre les différents volets.

C'est notamment le cas pour la représentation cartographique des résultats concernant l'eau et les sédiments. Dans un premier temps il a été convenu de mettre en valeur les stations du volet 3 puisqu'elles apportent de nouveaux résultats.

Pour l'eau et les sédiments les classes de qualité, et donc les légendes des cartographies, seront les mêmes que pour le volet 2. Ces informations sont résumées dans le tableau suivant.

Eau (en µg/L)		Sédiments (en µg/kg de MS)	
Volet 1	Volet 2 et 3	Volet 1 et 3	Volet 2
<ul style="list-style-type: none"> • ≤SQ (0.01) • 0.01 <x≤0.1 • 0.1 <x≤1 • >1 	<ul style="list-style-type: none"> • ≤SQ (0.003) • SQ (0.003) <x≤0.1 • 0.1 <x≤1 • >1 	<ul style="list-style-type: none"> • ≤SQ (10) • 10 <x≤100 • >100 	<ul style="list-style-type: none"> • ≤SQ (0.15) • 0.15<x≤10 • 10 <x≤100 • >100

Ces éléments ne concernent que la chlordécone et son dérivé pour les matrices eau et sédiments et non le βHCH.

Pour une station ayant été étudiée lors de plusieurs volets, c'est le plus mauvais des résultats qui sera présenté. Cela concerne 2 stations étudiées aux volets 1 et 2, et 8 stations étudiées aux volets 1 et 3.

Cette représentation concerne les cartes 3, 5, 6 (dans le texte ci-après) et 12 (en annexe 5).

Représentation cartographique de la contamination de la matière vivante :

Lors du volet 1, l'option choisie pour la représentation de la contamination de la matière vivante a été la suivante : seules les espèces pêchées lors de 2 campagnes au moins, sur les 3 campagnes réalisées, ont été cartographiées. Ainsi, les résultats présentés sur une station peuvent montrer une absence de données, alors que des données existent mais pour une seule campagne.

Le volet 2 n'ayant fait l'objet que de 2 campagnes, il a été choisi de présenter en priorité les résultats existant pour une espèce échantillonnée aux 2 campagnes, mais aussi les données relatives à une espèce pêchée uniquement à une des 2 campagnes. Le nombre de campagne étant plus faible pour le volet 2, l'option choisie pour le volet 1 excluait beaucoup d'information.

Le volet 3 étant lui aussi constitué de 2 campagnes, la même option que pour le volet 2 a été mise en œuvre.

En ce qui concerne les 2 stations ayant été échantillonnées en matière vivante pour le volet 1 et le volet 2, les espèces choisies sont celles qui ont permis de constituer le plus de lots lors des 5 campagnes.

Cette représentation concerne les cartes 4, 7, 8 (dans le texte ci-après) et 13 (en annexe 5).

Les valeurs présentées sur les cartes pour chacune des matrices:

Les cartes synthétisant les résultats du volet 1 et 2 ont été réalisées à partir du percentile 90, des données disponibles sur chaque station. Ce percentile ne correspond pas au percentile « SEQ-Eau », couramment utilisé. Ainsi, la valeur utilisée pour déterminer la classe ne correspond pas à l'une des valeurs réellement quantifiée (en ôtant 10% des valeurs les plus élevées) ; mais à une notion « statistique », correspondant au 90^{ème} centile³ des valeurs d'une plage de données. La valeur utilisée pour réaliser les cartes correspond ainsi à la valeur à laquelle 90% des échantillons sont inférieurs.

Dans le cadre du volet 3, une approche plus pragmatique a été souhaitée. Ainsi le résultat présenté sur les cartes pour chacune des stations est le plus mauvais obtenu sur cette station. Cette représentation concerne à la fois la présentation des résultats « zoomés » sur le volet 3, mais aussi sur les cartes reprenant l'ensemble des stations étudiées lors des précédents volets. Il sera ainsi possible de rencontrer quelques différences en comparant les cartes provenant des rapports des 3 volets.

³ Un centile est chacune des 99 valeurs qui divisent les données triées en 100 parts égales de sorte que chaque part représente 1/100 de l'échantillon de population. Exemple : pour le jeu de données suivants : 0.11, 0.02, 0.23 et 0.09 le percentile 99 est :0.194 ; le percentile SEQ-Eau serait 0.23, car le nombre de valeur est inférieur à 11.

3.2. Le chlordécone et son dérivé

3.2.1. Zoom sur les stations du volet 3

• L'eau et les sédiments

Les données brutes sont présentées dans le tableau de l'annexe 2, et la carte 3 à la page suivante permet de visualiser l'emprise géographique de la contamination ainsi que le degré de contamination sur chacune des stations.

Les sédiments ont uniquement été échantillonnés lors de la campagne de mars 2011. Seule la station Citron de la rivière Saint Jacques révèle une présence de chlordécone. La molécule n'est toutefois pas assez présente pour pouvoir être quantifiée. Les sédiments des 16 autres stations étudiées sont exempts de chlordécone et de son dérivé lors de cette campagne.

Le constat n'est pas le même sur la matrice « eau ». En effet, lors de la campagne de novembre 7 des 18 stations étudiées présentent une contamination à la chlordécone, et ce sont 12 stations sur 14 qui sont dans ce cas pour la campagne de mars 2011. Ainsi, sur l'ensemble des deux campagnes 13 stations sur 19 sont au moins contaminées une fois. En outre, la moitié des 14 stations étudiées aux deux campagnes ont des eaux contenant de la chlordécone pour les 2 échantillons. Pour ces 7 stations l'ordre de grandeur des résultats des différentes campagnes est le même. Les écarts les plus importants sont observés pour les stations « Gué Bézaudin » (0.009 à 0.003 µg/l pour la campagne d'hivernage et celle de carême), et « Desiles » (0.007 à 0.018 pour la campagne d'hivernage et celle de carême). Dans l'absolu, ces écarts restent toutefois minimes.

Les valeurs supérieures à la limite de quantification varient de 0.003 à 0.02 µg/l. On note sur la majorité des stations des concentrations proches du seuil de quantification. La valeur maximale est obtenue sur la station de la rivière Saint Jacques. En conservant le seuil de quantification à 0.01 µg/l, comme pour le volet 1, la chlordécone aurait été quantifiée sur uniquement 4 cours d'eau – Petite Pilote, Trou Manuel, St Jacques, et Macouba – au lieu de 12.

Enfin, pour les stations où la chlordécone est détectée aux 2 campagnes, la valeur de la campagne de novembre 2010 est toujours la plus élevée, mais c'est la campagne de mars 2011 pour laquelle le nombre de stations contaminées est le plus important.

La présence de la chlordécone 5b-hydro n'a été observée que lors de la campagne de mars 2011, et uniquement sur 3 stations. Les valeurs varient de 0.003 à 0.011 µg/l, avec un maximum obtenu sur la rivière Macouba.

In fine, aucun des ces résultats pour l'eau n'est supérieure à 0.1 µg/L, seuil admissible utilisé dans le cadre de la définition de l'état écologique DCE (arrêté du 25 janvier 2010, modifié par celui du 8 juillet 2010) et de l'alimentation en eau potable (arrêté du 11 janvier 2007). De plus, bien que l'ampleur spatiale de la contamination soit importante, les niveaux de contamination sont faibles.

Remarque : Le dosage des MES censé être étudié lors de la campagne de d'hivernage, n'a pu être réalisé sur les échantillons prélevés. La quantité de MES présente dans les échantillons d'eau n'était pas suffisante pour pouvoir doser les substances sur MES. Un minimum de 250 mg/l en effet nécessaire pour pouvoir réaliser le dosage des molécules présentes dans les MES.

Carte 3 : Résultats obtenus sur l'eau et les sédiments pour le chlordécone et son dérivé, sur les stations du volet 3

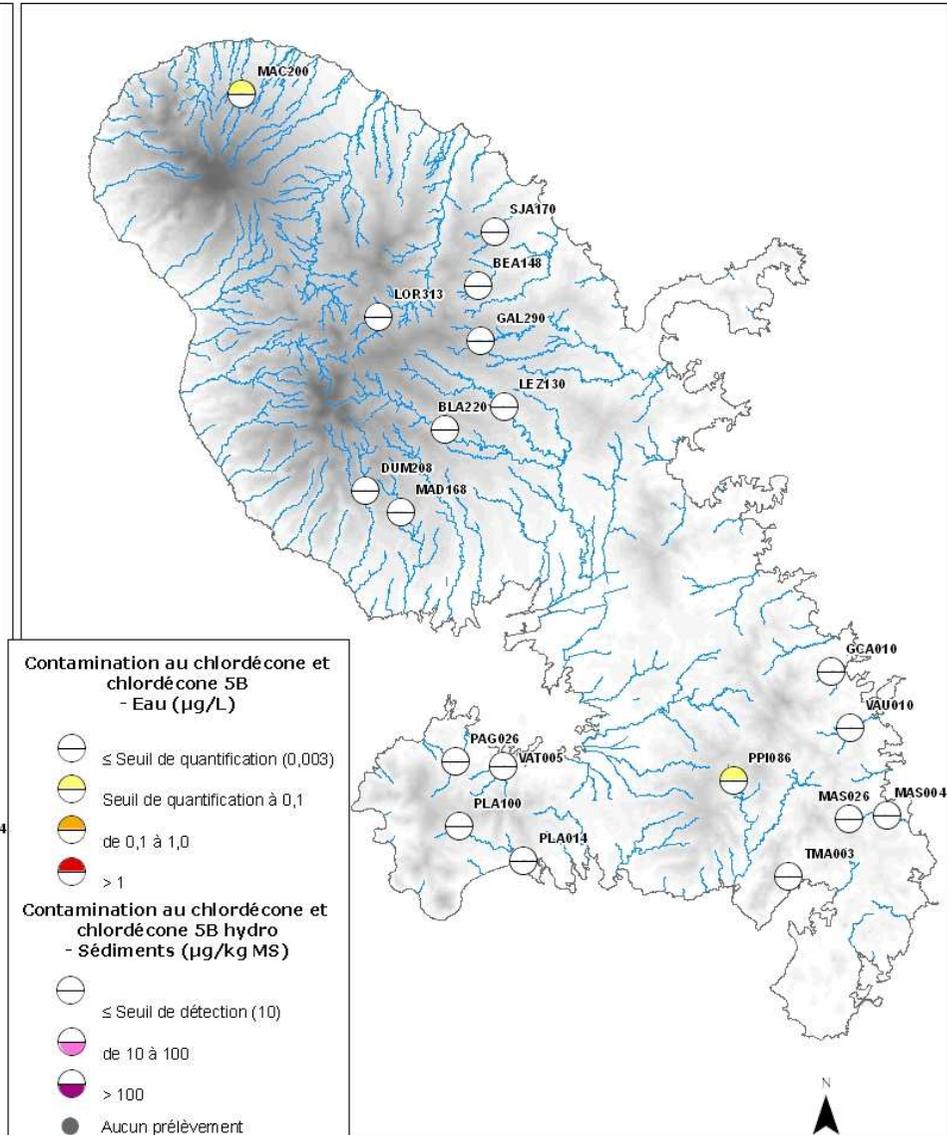
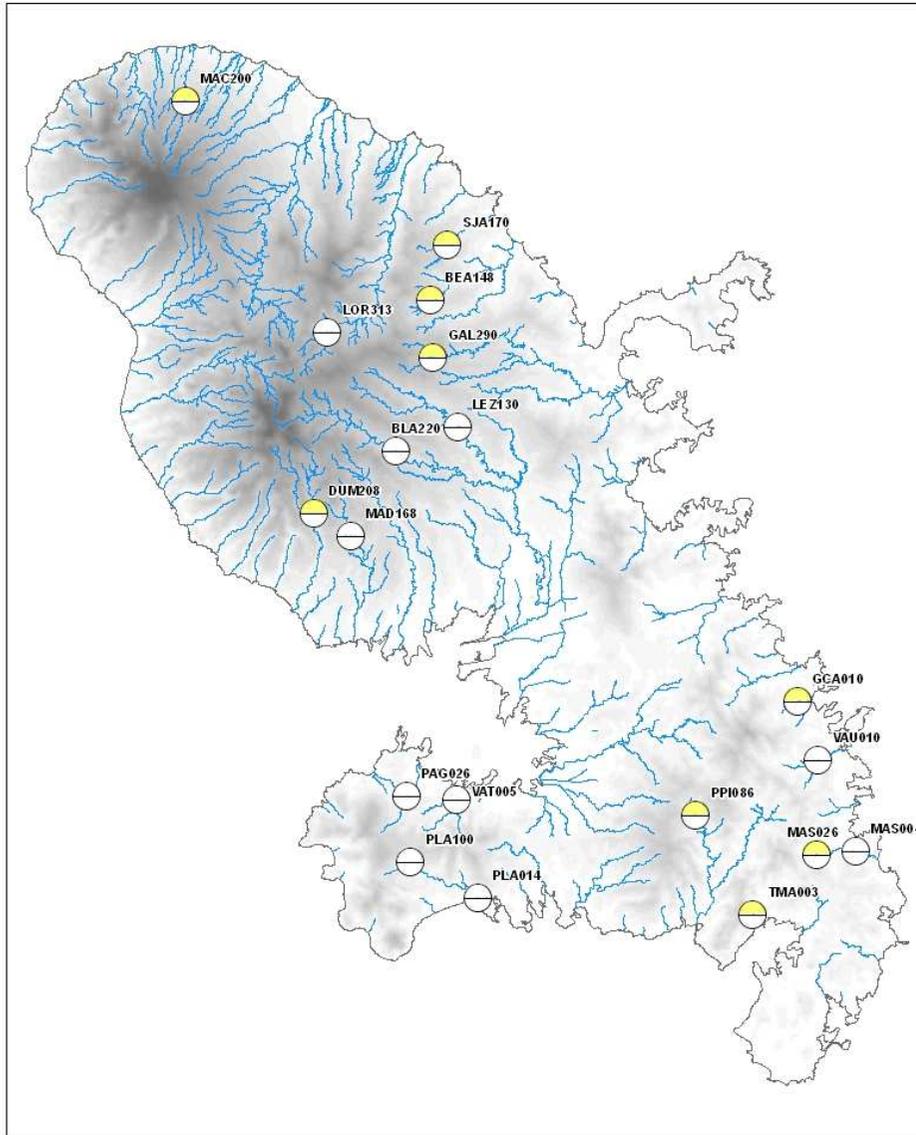


CONTAMINATION AU CHLORDÉCONE ET 5B-HYDRO CHLORDÉCONE MATRICE EAU ET SÉDIMENT

VOLET 3

Chlordécone

Chlordécone 5B hydro

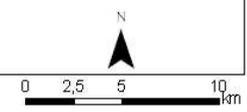


Contamination au chlordécone et chlordécone 5B - Eau (µg/L)

- ≤ Seuil de quantification (0,003)
- Seuil de quantification à 0,1
- de 0,1 à 1,0
- > 1

Contamination au chlordécone et chlordécone 5B hydro - Sédiments (µg/kg MS)

- ≤ Seuil de détection (10)
- de 10 à 100
- > 100
- Aucun prélèvement
- Cours d'eau



• La matière vivante

47 lots de matière vivante ont été constitués lors de cette étude, 23 lors de la campagne de novembre 2010 et 24 lors de celle de mars 2011. Les espèces et les valeurs obtenues sur chacune des stations aux 2 campagnes sont présentées dans le tableau de l'annexe 2. La carte 4 présente le degré de contamination des espèces sur chacune des stations.

Sur ces 47 lots, 41 sont contaminés par la chlordécone, cela représente 87% des stations. Le tableau suivant montre la répartition des lots et stations contaminés ou non pour chaque campagne. Sur les 16 stations pêchées au moins une fois au cours des deux campagnes, 15 sont contaminées et ont des concentrations supérieures à la norme. Ces dernières représentent 94% des stations du plan d'échantillonnage. 12 stations sont échantillonnées aux deux campagnes, parmi celles-ci 8 sont contaminées à chaque campagne.

Les concentrations obtenues sur la campagne de mars 2011 sont bien plus importantes que celles obtenues sur la campagne de novembre 2010, cf. annexe 2. En effet, elles varient de 8 à 253 µg/kg de PF lors de la campagne de novembre 2010 et de 17 à 10117 µg/kg de PF pour la campagne de mars 2011. Cet écart entre les campagnes est d'autant plus visible sur les stations qui ont été échantillonnées à 2 reprises et pour lesquelles les espèces prélevées sont les mêmes.

Le tableau 6 montre clairement la différence observée entre les résultats de novembre 2010 et ceux de mars 2011. En novembre 2010, la majorité des lots -78% - et des stations - 69% - est contaminée. Cependant, seuls 30% des lots et 37% des stations surpassent la norme admissible. Au contraire, en mars 2011 l'ensemble des stations montre une contamination du biote à des concentrations supérieures à la norme. Sur les 24 lots analysés, deux uniquement ne sont pas supérieurs à la NQE, et un seul ne révèle pas de trace de la molécule.

Tableau 6 : Présentation des lots et des stations contaminés et dépassant la NQE en fonction des campagnes

	Nombre de lots (et pourcentage)			Nombre de stations (et pourcentage)		
	Analysés	Contaminés	Supérieurs à la norme	Analysées	Contaminées	Supérieures à la norme
Novembre 2010	23	18 (78%)	7 (30%)	16	11 (69%)	6 (37%)
Mars 2011	24	23 (96%)	22 (92%)	12	12 (100%)	12 (100%)
Nov 2010 et mars 2011	47	41 (87%)	29 (61%)	16	15 (94%)	15 (94%)

La 5b-hydro chlordécone est détectée sur uniquement 3 stations et 4 lots sur l'ensemble des 2 campagnes. Toutes les valeurs sont cependant supérieures à la norme de 20 µg/kg de PF. Pour la station « Desiles », sur laquelle la molécule est détectée aux 2 campagnes, la même remarque que pour la chlordécone s'applique : les valeurs obtenues sont plus importantes en mars 2011 qu'en novembre 2010.

Carte 4 : résultats obtenus sur la matière vivante pour le chlordécone et le 5b-hydro, sur les stations du volet 3

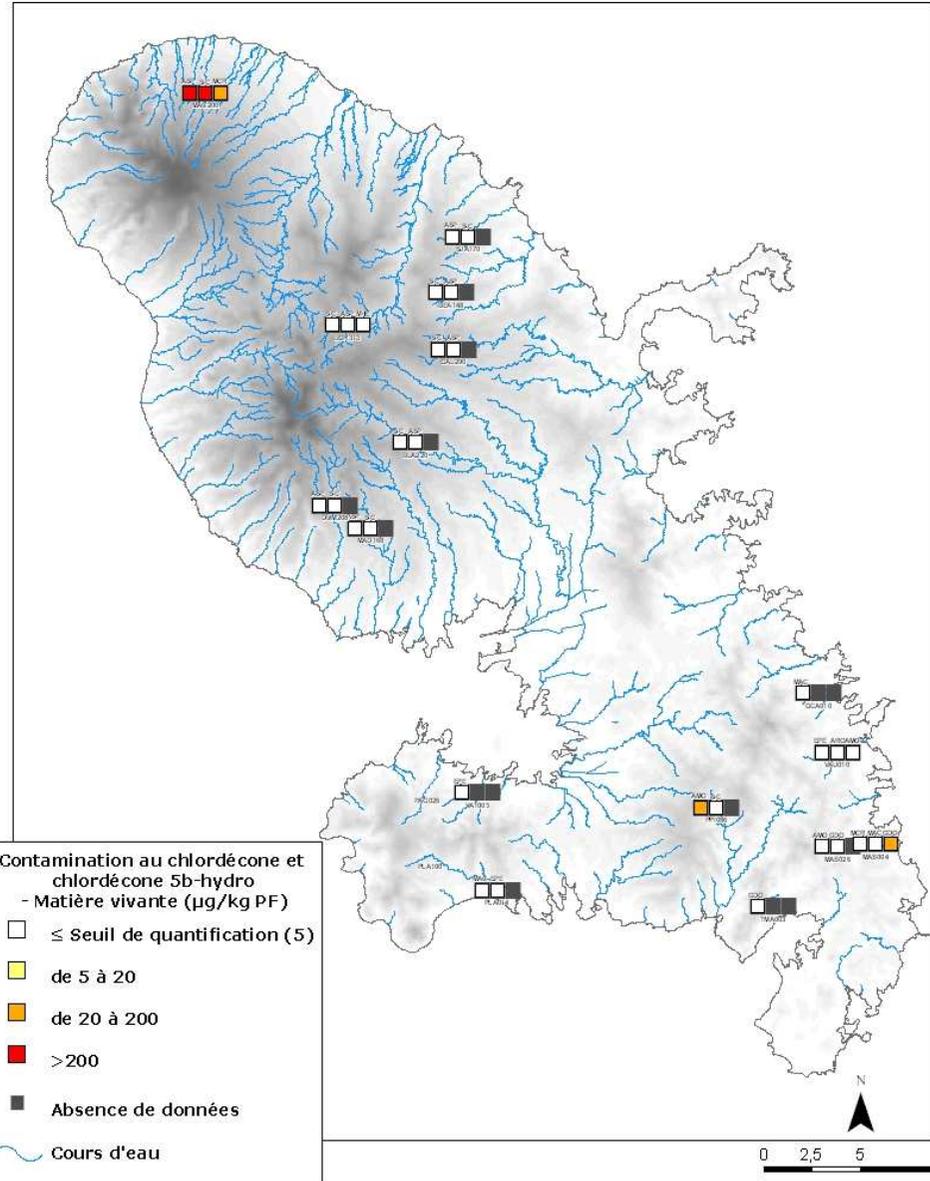
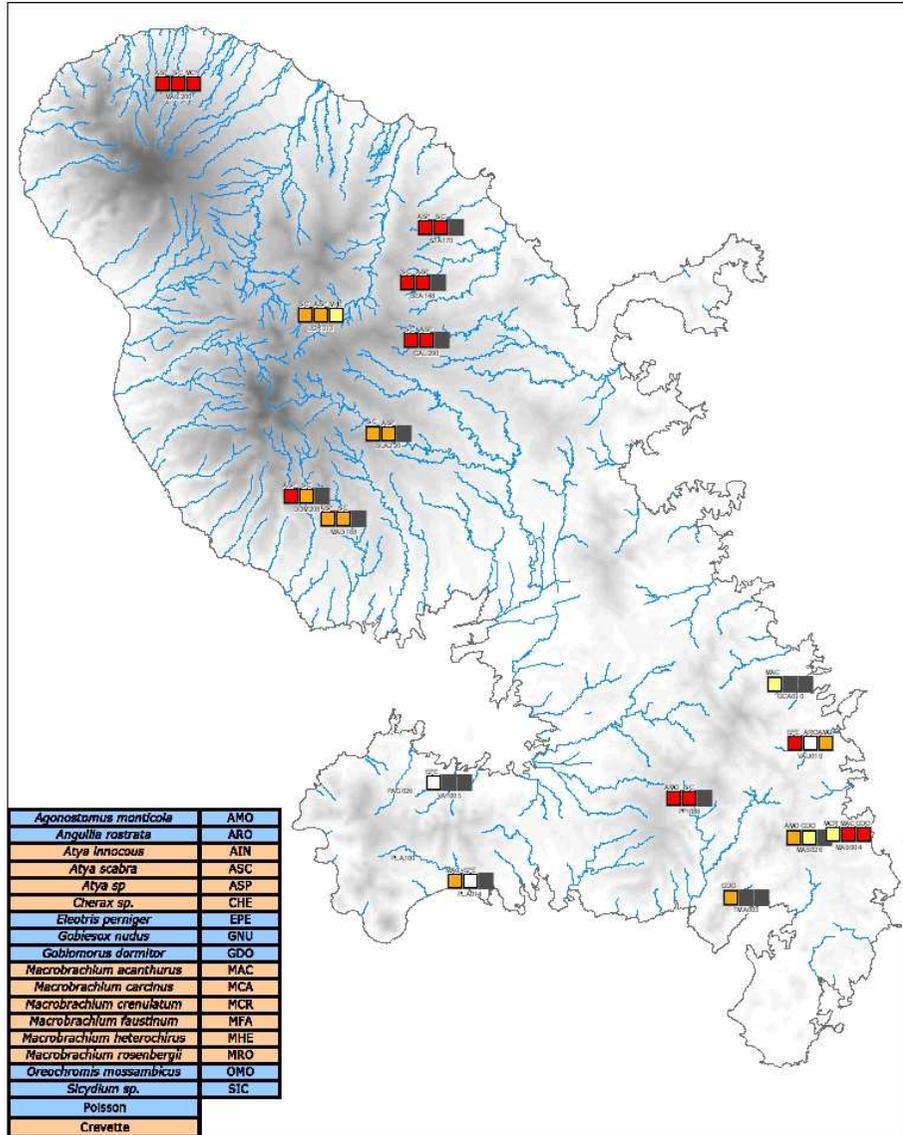


CONTAMINATION AU CHLORDÉCONE ET CHLORDÉCONE 5B-HYDRO DE LA MATIÈRE VIVANTE

VOLET 3

Chlordécone

Chlordécone 5B hydro



• Conclusion

L'ensemble des données précédemment présentées permet de dégager plusieurs éléments de conclusions en relation avec les objectifs visés dans le cadre de ce 3ème volet, mais aussi en fonction des périodes de prélèvement.

Dans un premier temps nous intéresserons à la période de prélèvement. En ce qui concerne l'eau, les concentrations les plus importantes sont obtenues lors de la période d'hivernage. Cela reste logique par rapport aux connaissances déjà acquises⁴. Cependant le nombre de stations contaminées est plus important lors de la période de carême. En ce qui concerne la matière vivante, le nombre de lots contaminés et le degré de contamination sont tous les deux plus importants lors du carême.

Dans le cadre de ses travaux de thèse⁵ S. Coat observe que les compartiments de base du réseau trophique sont concernés par une diminution de la concentration en chlordécone lors de la saison humide. Au contraire, l'observation de variations saisonnières chez les animaux n'est pas aussi nette. La majorité des crevettes subirait une baisse de contamination en saison humide, alors que les mollusques, les poissons et le reste des crevettes seraient concernés par une augmentation de la contamination à cette saison. En englobant les données disponibles sur tous les taxons, communément étudiées lors de la thèse, une hausse de la concentration est observée lors de la saison humide.

Les résultats du Volet 1 de la présente étude montraient une contamination légèrement plus importante lors des deux campagnes des hautes eaux que pour la campagne de basses eaux. Signalons toutefois que les prélèvements en basses eaux s'étaient déroulés après des phénomènes de crues dont un majeur en mai 2009, qui auraient éventuellement pu modifier les phénomènes de bioaccumulation.

Comme nous le voyons il est difficile d'apporter une conclusion précise quant à l'impact de la saisonnalité sur la contamination de la matière vivante. Une étude plus approfondie et spécifique à la relation entre l'hydrologie et la contamination de la matière vivante pourrait être menée, notamment en étudiant les transferts solides de matières organiques. En tout état de cause, la saisonnalité ne peut pas constituer un élément fiable de prévision de contamination des espèces.

Les sites étudiés lors de ce volet avaient pour but d'améliorer les connaissances acquises précédemment et notamment de répondre aux objectifs précédemment exposés. Les éléments d'informations obtenus sont présentés ci-dessous :

- **Définir la limite amont de la contamination** : 8 stations, dont une n'a pas été échantillonnée en biote, ont été étudiées dans le but de fournir de nouvelles indications sur les zones amont de têtes de bassin. Seules 2 stations ne sont pas contaminées pour la matrice eau – celles de la rivière du Lorrain, LOR313, et celle de la rivière Madame, MAD 168 -, pour la matière vivante toutes ces stations montrent une contamination des lots étudiés.
- **Finaliser l'expertise sur certains sites** 7 stations déjà échantillonnées lors du 1^{er} volet en eau et sédiments, ont vu leur échantillonnage complété par l'étude de la contamination du biote.

Comme le montre le tableau 7, les résultats sur les matrices « eau » et « sédiment » viennent confirmer les résultats obtenus lors du volet 1. Les valeurs obtenues pour l'eau lors des volets 1 et 3 sont du même ordre de grandeur. La diminution du seuil de quantification pour le volet 3 a permis de montrer la présence de chlordécone sur les 3 stations où la molécule n'avait pas été détectée. De plus, les lots de matières vivantes analysés montrant la présence de la chlordécone sur chacune de ces stations viennent eux aussi confirmer la contamination.

⁴ La molécule est hydrophobe, et présente une forte affinité pour la matière organique. Les contaminations des eaux les plus importantes sont donc observées lors d'épisode pluvieux.

⁵ Identification du réseau trophique de rivière et étude de sa contamination par les pesticides organochlorés (chlordécone et β HCH) en Gadeloupe, S. Coat, 2009, UAG

Tableau 7 : Comparaison des résultats obtenus sur les 7 stations étudiées lors du volet 1 et du volet 3.

Cours d'eau	Station	Volet 1		Volet 3	
		Eau	Sédiment	Eau	Sédiment
Bézaudin	Gué bézaudin	0,01	/	0,009	<LQ
Grand Case	Pt RN6	<LQ	<LQ	0,006	<LQ
Massel	Malevaut	<LQ	<LQ	0,003	<LQ
	Puyferrat	0,01	<LQ	0,004	<LQ
Saint Jacques	Citron	0,03	/	0,02	<LQ
Trou Manuel	Cédalise	0,02	/	0,01	<LQ
Vauclin	Belle Etoile	<LQ	<LQ	0,003	<LQ

- **Compléter la connaissance spatiale** : Enfin, 5 stations ont été étudiées dans le but d'améliorer la connaissance spatiale de la contamination. Un sous objectif ciblé est d'obtenir des informations sur des bassins versants qui seraient visés dans le cadre de la procédure de définition de réservoirs biologiques. 4 d'entre elles se situent sur la zone Sud Caraïbes et la dernière à l'amont du Lorrain. Ces stations sont quasiment les seules à ne pas montrer de contamination de l'eau par la chlordécone – les stations de la zone Sud Caraïbes n'ont été échantillonnées qu'une fois en eau en novembre 2010. Aucune information n'est disponible en ce qui concerne la matière vivante pour deux d'entre elles – La Pagerie, et l'amont de Fond Placide. Seule la station de la rivière Vatable ne révèle pas la présence de chlordécone. Au contraire, les stations à l'amont du Lorrain et à l'aval de Fond Placide sont caractérisées par une contamination de leur matière vivante.

3.2.2. Synthèse sur l'ensemble des stations

In fine, suite à la réalisation des 3 volets les matrices suivantes ont été étudiées :

- «Eau » sur 109 stations réparties sur 45 bassins versants
- « Sédiment » sur 49 stations réparties 41 bassins versants
- « Matière vivante » sur 75 stations réparties 38 bassins versants

Les données disponibles pour l'ensemble de ces stations et de ces matrices sont exposées et discutées dans les parties suivantes.

3.2.2.1. L'eau et les sédiments

Les résultats obtenus pour la chlordécone et la 5b-hydro chlordécone lors des 3 volets de cette étude ont été compilés sur les cartes 5 et 6, ainsi que sur les graphiques des figures 1 p 31 et 9 en annexe 3.

Les 3 volets de cette étude ont permis d'étudier 109 stations pour la matrice eau. Seules 35 ne sont pas contaminées par la chlordécone, cela représente 32% des stations échantillonnées. La majorité de ces stations se trouvent sur la façade Caraïbes. 49 stations soit 45% des stations sont caractérisées par une concentration en eau supérieure ou égale à la norme de 0.1µg/l. Enfin 20 stations, soit 18% des stations, ont une concentration supérieure ou égale à 1 µg/l. Comme nous pouvons le voir sur la carte 5, ces valeurs sont généralement atteintes sur l'aval des cours d'eau de la zone Nord Atlantique, ainsi que sur le bassin versant de la Lézarde. La valeur maximale, 6.1 µg/l, est observée sur la station BAM030, sur la rivière Bambou affluent de la rivière de Sainte Marie. C'est d'ailleurs sur la station aval de la Rivière Sainte Marie - SMA005 - qu'est trouvée la seconde valeur la plus élevée avec 4.28 µg/l.

Le 5b-hydro chlordécone est détecté sur 53 des 109 stations étudiées. Seules 6 de ces stations ont une concentration supérieure ou égale à la norme de 0.1µg/l. Elles sont toutes présentes sur la zone Nord Atlantique. La valeur maximale est obtenue sur la station aval de la rivière Macouba avec 0.26 µg/l.

Les sédiments ont été étudiés sur 73 stations. 64% de ces stations n'est pas contaminé à la chlordécone. La plupart des concentrations « positives » varient de 10 à 50. Les 5 stations présentant des concentrations supérieures à 100 µg/kg de MS sont relevées sur la façade Nord Atlantique – Rivière Claire, Roche, Bambou et Galion – et sur la zone centrale en amont du bassin versant de la Jambette.

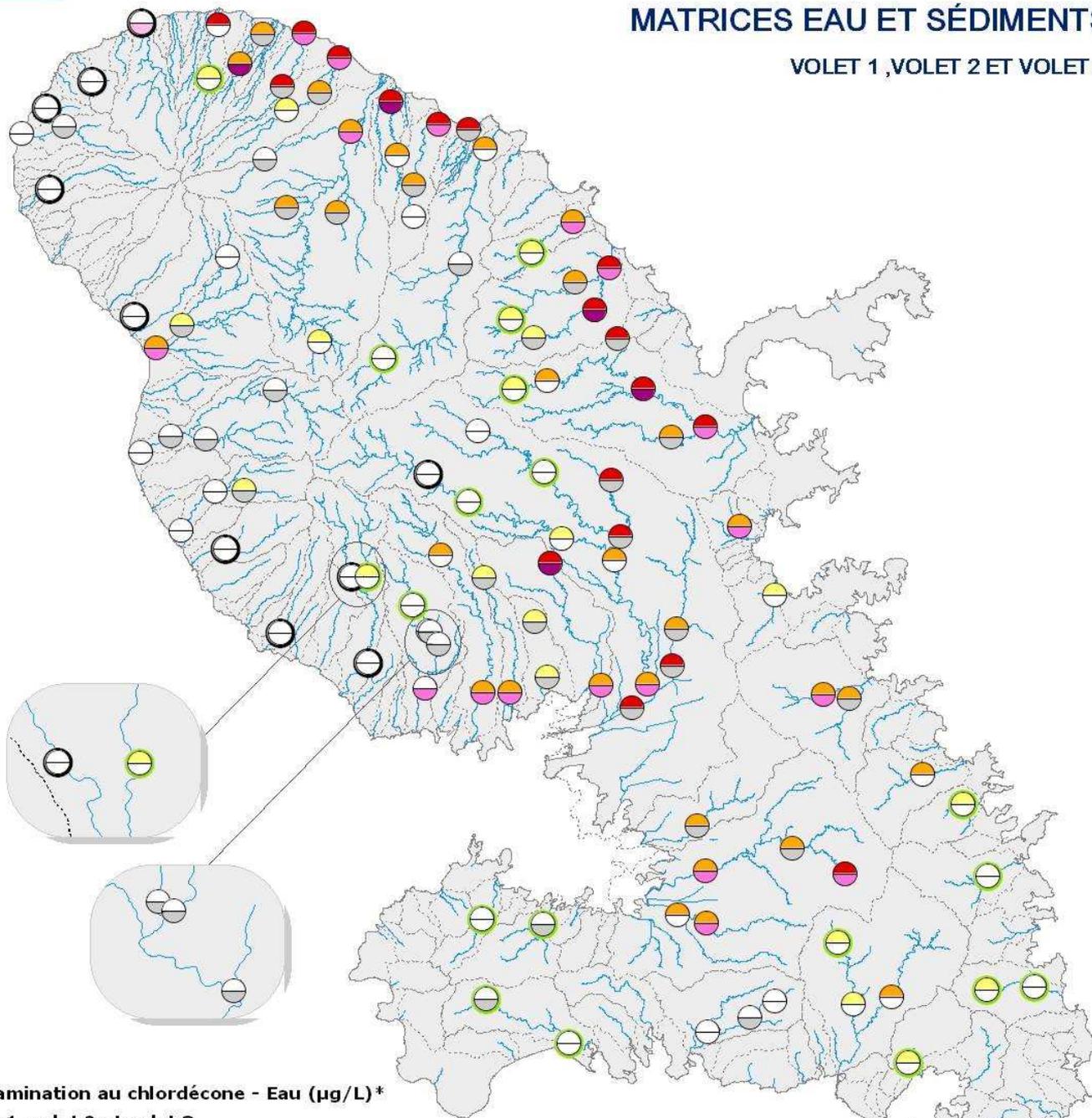
Les stations amont de la Jambette et de la Roche, sont les 2 seules pour lesquelles la concentration en 5b-hydro chlordécone est supérieure à la limite de quantification. Les concentrations dosées y sont respectivement de 26 et 14 µg/kg de MS.

Carte 5 : résultats obtenus sur l'eau et les sédiments pour le chlordécone, sur les stations des volets 1, 2 et 3



CONTAMINATION AU CHLORDÉCONE DES MATRICES EAU ET SÉDIMENTS

VOLET 1, VOLET 2 ET VOLET 3



Conception & réalisation : ASCONIT Consultants - PCA - Juin 2011 - Copies et reproductions interdites - BD. CARTHAGE @ IGN

Contamination au chlordécone - Eau ($\mu\text{g/L}$)*

Volet 1, volet 2 et volet 3

- \leq Seuil de quantification
- seuil de quantification à 0,1
- de 0,1 à 1
- > 1

Contamination au chlordécone - Sédiments ($\mu\text{g/kg MS}$)**

Volet 1 et volet 3

- \leq Seuil de quantification (10)
- seuil de quantification à 100
- > 100

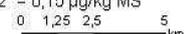
Volet 2

- \leq Seuil de quantification (0,15)
- seuil de quantification à 10
- de 10 à 100
- > 100

Type de station

- Volet 1
- Volet 2
- Volet 3
- Absence de données
- Bassin versant
- Rivière

* seuil de quantification du chlordécone sur eau : - volet 1 = 0,01 $\mu\text{g/L}$
- volet 2 et 3 = 0,003 $\mu\text{g/L}$
** seuil de quantification du chlordécone sur sédiment : - volet 1 et 3 = 10 $\mu\text{g/kg MS}$
- volet 2 = 0,15 $\mu\text{g/kg MS}$

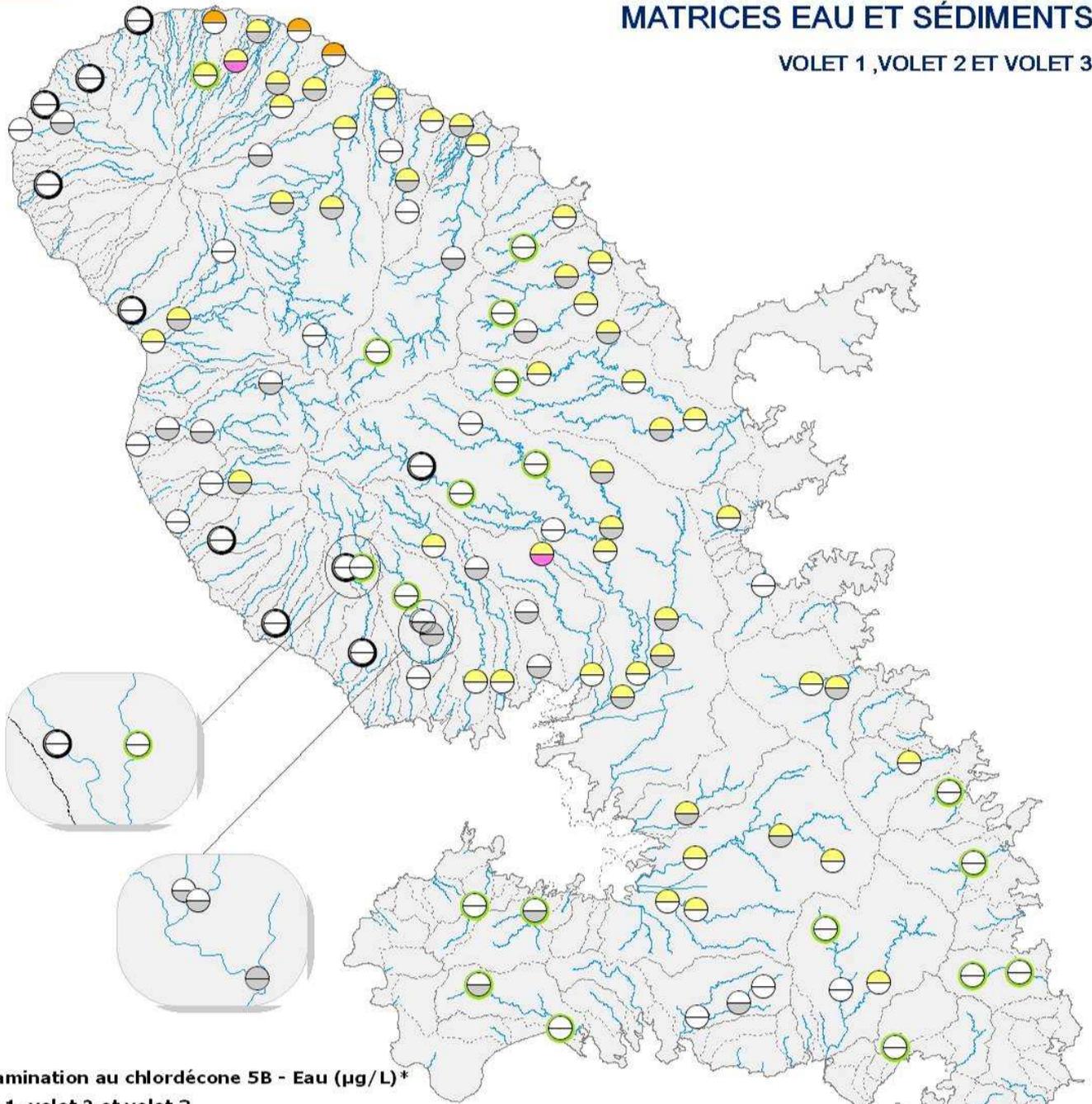


Carte 6 : résultats obtenus sur l'eau et les sédiments pour le 5b-hydro chlordécone, sur les stations des volets 1, 2 et 3



CONTAMINATION AU CHLORDÉCONE 5B DES MATRICES EAU ET SÉDIMENTS

VOLET 1, VOLET 2 ET VOLET 3



Conception & réalisation : ASCONIT Consultants - P.C.A. - Juin 2011 - Copies et reproductions interdites - BD CARTHAGE © IGN -

Contamination au chlordécone 5B - Eau (µg/L)*

Volet 1, volet 2 et volet 3

- ≤ Seuil de quantification
- Seuil de quantification à 0,1
- de 0,1 à 1,0
- > 1

Contamination au chlordécone 5B - Sédiments (µg/kg MS)**

Volet 1 et volet 3

- ≤ Seuil de quantification (10)
- seuil de quantification à 100
- > 100

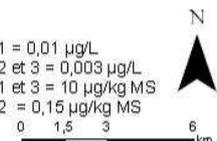
Volet 2

- ≤ Seuil de quantification (0,15)
- seuil de quantification à 10
- de 10 à 100
- > 100

Type de station

- Volet 1
- Volet 2
- Volet 3
- Absence de données
- Bassin versant
- Rivière

* seuil de quantification du chlordécone sur eau : - volet 1 = 0,01 µg/L
- volet 2 et 3 = 0,003 µg/L
** seuil de quantification du chlordécone sur sédiment : - volet 1 et 3 = 10 µg/kg MS
- volet 2 = 0,15 µg/kg MS



Sur la figure 1, présentée à la page suivante, il apparaît clairement que les stations étudiées lors des 3 premières campagnes – octobre 2008, février 2009 et mai 2009 – sont les plus contaminées en chlordécone. Il est important de souligner que cela n'est pas du à un effet temporel, ni même une éventuelle décontamination dans le temps, mais à la construction du plan d'échantillonnage en fonction des objectifs des 3 volets de l'étude :

- L'objectif du volet 1 était d'avoir une connaissance sur l'étendue spatiale et le niveau de la contamination à la chlordécone. Ainsi des zones connues pour avoir des sols particulièrement contaminés ont été ciblées lors des 3 premières campagnes.
- L'objectif du volet 2 était de compléter l'échantillonnage sur des zones, au contraire, susceptibles d'être exemptes de contamination. Les résultats attendus sur les stations sélectionnées, et ceux obtenus ce sont révélés concordants. Ainsi les stations étudiées aux campagnes de mars et juin 2010, montrent une contamination quasi-nulle, mais surtout largement inférieure à celles des stations du volet 1.
- Les objectifs du volet 3, sont de définir la limite amont de contamination des têtes de bassins, d'élargir la connaissance spatiale de la contamination en étudiant des cours d'eau jamais échantillonnés à ce jour, et de finaliser l'expertise sur certains sites. Les stations étudiées dans ce cadre sont donc parfois contaminées mais à un niveau significativement inférieure aux « hot spots » observés au volet 1.

Cette figure, tout comme les cartes présentées précédemment permet de mettre en exergue, la contamination sur les grandes zones définies :

- Le Sud Caraïbes, le Nord Caraïbes, et le Sud sont quasi exempts de contamination,
- Le Sud Atlantique, L'Agglomération foyalaise et le Centre subissent une contamination de moyenne ampleur,
- Le Nord Atlantique subit une contamination de forte ampleur.

La figure 9 en annexe 3 présente les mêmes informations que celles de la figure 1, seule la représentation de l'échelle diffère. L'échelle logarithmique utilisée lisse les niveaux de concentration sur les différentes stations, mais permet de zoomer sur les valeurs les plus faibles. Elle permet ainsi de dégager les rares cours d'eau non contaminés de l'amont à l'aval, ainsi que ceux dont la contamination reste inférieure à norme de 0.1 µg/l.

Le tableau 8 synthétise, les niveaux de contamination, notamment au regard de la norme en vigueur, sur les différents cours d'eau étudiés, en fonction des différentes zones de la Martinique.

Tableau 8 : Présentation des cours d'eau en fonction des zones et des niveaux de contamination sur l'eau

Zones	Matrice eau (Norme = 0,1 µg/l)		
	Cours d'eau non contaminés	Cours d'eau dont la contamination est inférieure à la norme	Cours d'eau dont la contamination est supérieure à la norme
Nord Caraïbes	Grand' Rivière, Trois Bras, Coulevre, Anse Céron, Précheur, Des Pères, Carbet, Fond Laillet et Fond Boucher	Fond Capot	Roxelane
Agglomération Foyalaise	Aucun	Case Navire, Madame	Monsieur, Jambette, Gondeau, Longvilliers
Centre	Aucun	Blanche	Lézarde (dont Petite Rivière et Petite Lézarde), la Manche et la Rivière Salée
Sud Caraïbes	Vatable, Pagerie, Fond Placide	Aucun	Aucun
Sud	Oman	Petite Pilote, Trou Manuel et Massel	La Grande Pilote
Sud Atlantique	Aucun	Vauclin, Grand Case, Cacao	Simon, Deux Courant, Desroses, Mansarde
Nord Atlantique	Aucun	Aucun	Tous

La figure 2 présente l'ensemble des résultats disponibles sur les sédiments. Les mêmes observations que sur l'eau peuvent être faites sur cette matrice. Les concentrations les plus importantes, sont visualisées pour les stations étudiées lors du 1er volet – campagne de février 2009 et de mai 2009. Les mêmes éléments permettent d'expliquer cette contamination ciblée sur les stations du volet 1.

Figure 1 : Concentration en chlordécone dans l'eau sur l'ensemble des stations étudiées lors des volets 1, 2 et 3

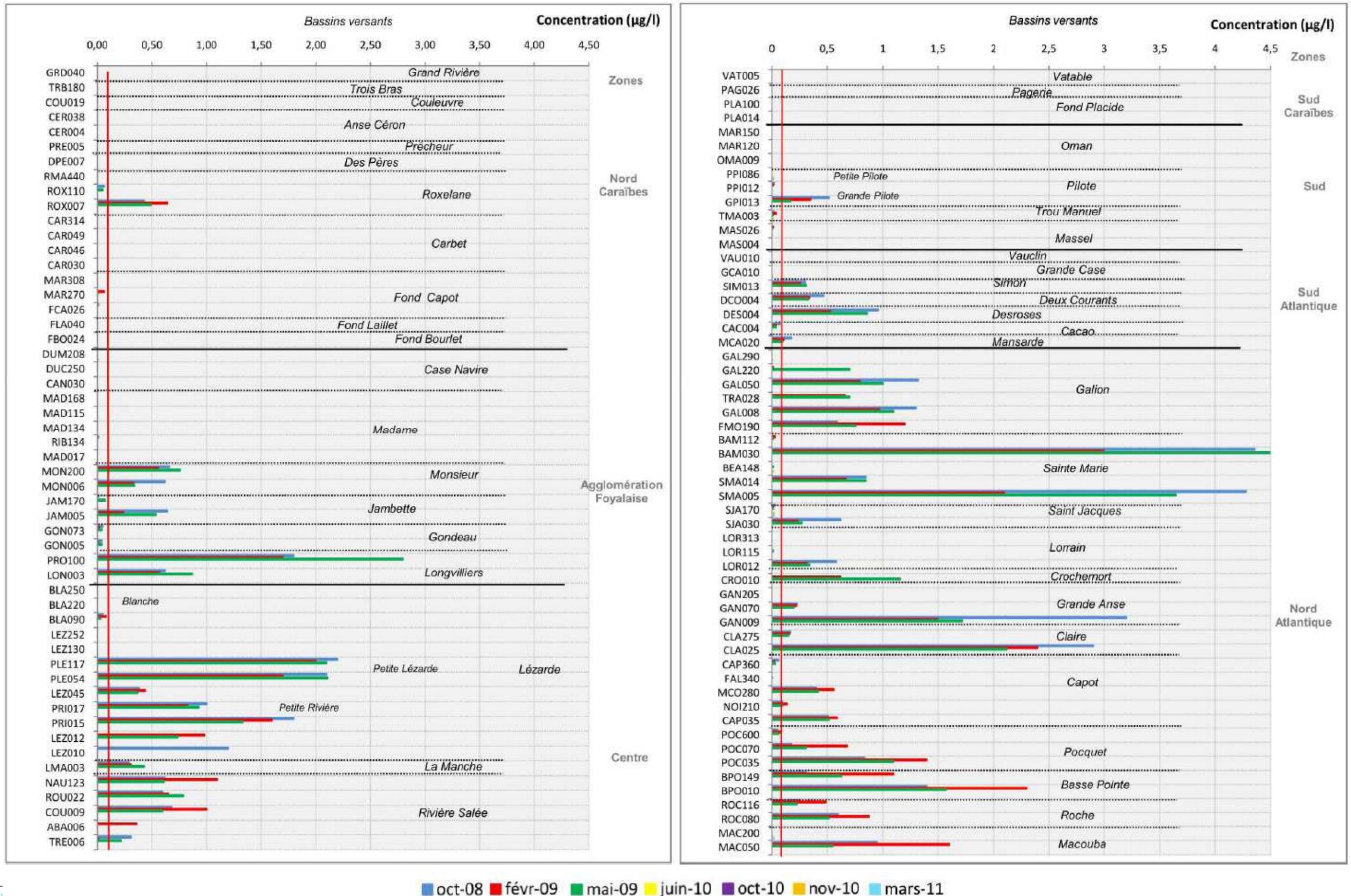
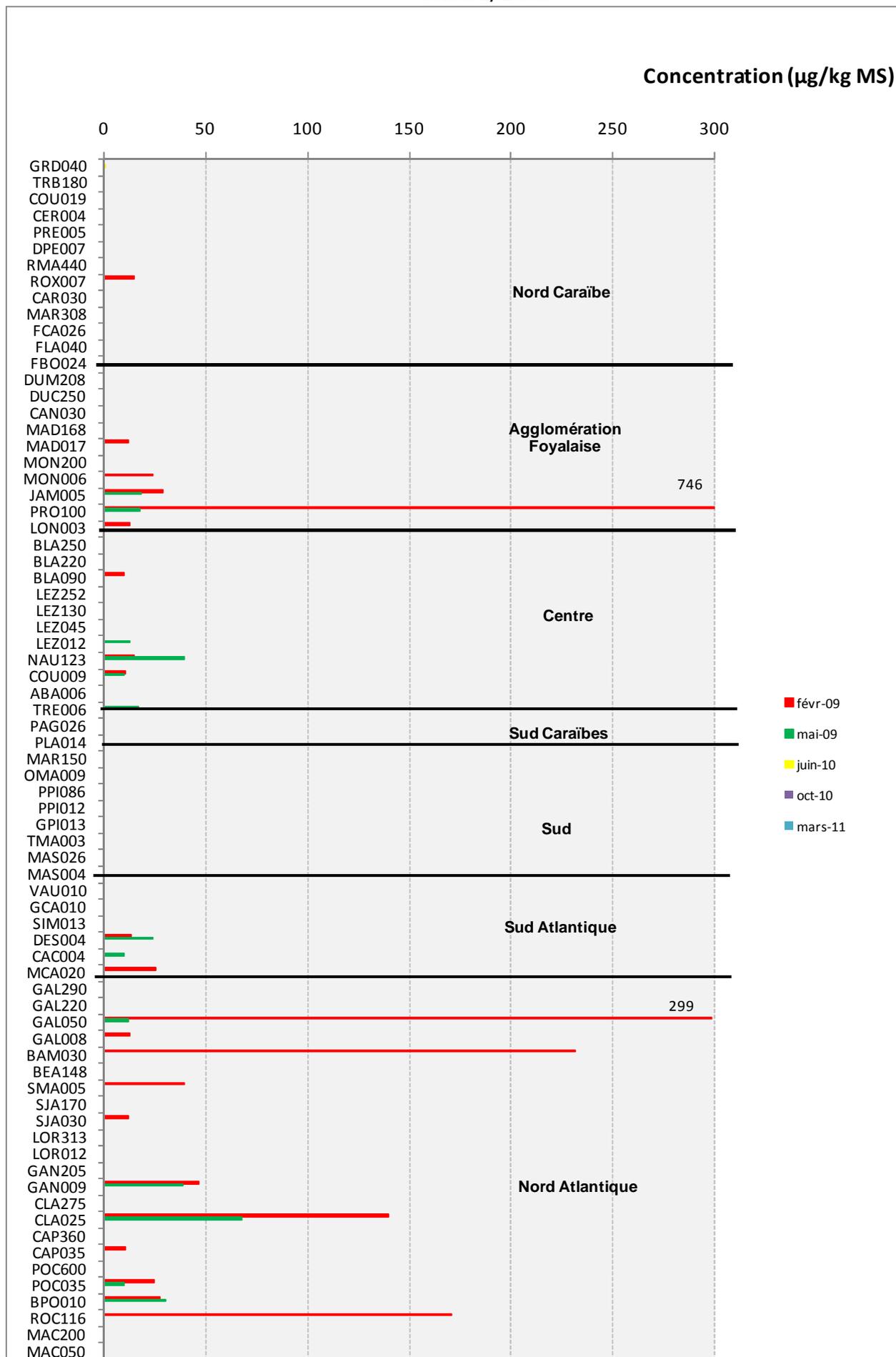


Figure 2 : Concentration en chlordécone dans les sédiments sur l'ensemble des stations étudiées lors des volets 1, 2 et 3



3.2.2.2. La matière vivante

Des lots provenant de 75 stations ont été analysés. Les résultats sont présentés sur les cartes 7 et 8, ainsi que sur les figures 4 et 10.

L'étude des stations à partir du pire résultat disponible sur chacune d'entre elles, permet de dégager les éléments suivants pour la chlordécone, cf. figure 3.

Seules 9 stations, soit 12% de l'ensemble des stations, n'ont aucun lot contaminé. Elles sont réparties sur l'ensemble du territoire, hormis la zone Nord Atlantique, et se trouvent principalement sur la façade Caraïbes. Parmi les 66 stations contaminées, 7 le sont à une concentration inférieure au seuil réglementaire de 20 µg/kg de PF. *In fine*, 16 stations, soit 21% de l'ensemble des stations, présentent des résultats admissibles vis-à-vis de la réglementation en vigueur. Les concentrations maximales obtenues sur chacune des stations, évoluent de 5 à 31 288 µg/kg de PF. 38 stations, soit 51% de l'ensemble des stations, montrent une contamination supérieure à 200 µg/l. Cette valeur représente 10 fois la norme actuelle et la limite de la précédente norme. 6 stations sont dénombrées avec des concentrations supérieures à 10 000 µg/kg de PF, ce qui représente 500 fois la valeur de la norme.

67 stations ont été échantillonnées pour l'analyse de la 5b-hydro chlordécone, 8 aquacultures ont uniquement été étudiées pour la chlordécone. Parmi celles-ci, 38 sont exemptes de contamination et 6 présentent une concentration inférieure à 20 µg/l. Ainsi, 34 stations soit 51% de l'ensemble des stations, répondent à la réglementation. Les concentrations « positives » évoluent entre 10 et 754 µg/kg de PF, avec une majorité des stations ayant des concentrations inférieures à 200 µg/kg de PF.

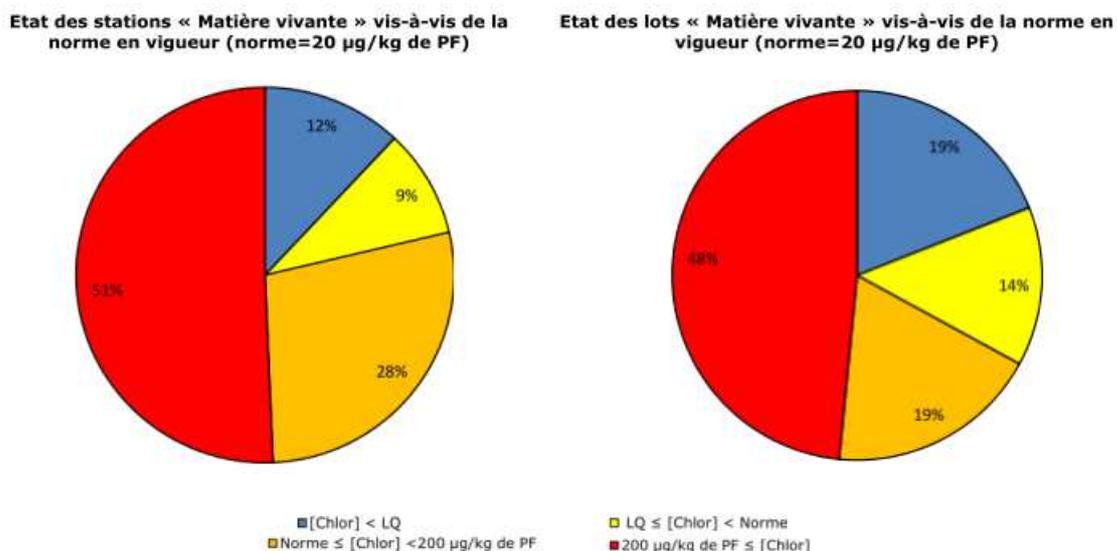


Figure 3 : Répartition des stations (à droite) et des lots (à gauche) en fonction des différentes classes de contamination du chlordécone sur la matière vivante.

452 lots ont été constitués au cours de cette étude. Uniquement 86, soit 19%, ont une concentration en chlordécone inférieure à la limite de quantification du laboratoire. 149 lots, soit un peu plus de 1/3 des lots, ont une concentration inférieure à la norme en vigueur, 20 µg/kg de PF. Au contraire parmi les 303 lots supérieurs à cette norme, 219 lots, soit 49% de l'ensemble des lots, montrent une concentration supérieure à 200 µg/kg de PF. On note aussi l'existence de 12 lots dont la contamination en chlordécone est supérieure à 10000 µg/kg de PF. Les informations concernant ces derniers sont synthétisées dans le tableau suivant. Tous sont obtenus sur des stations de la façade Nord Atlantique. Ce tableau permet aussi de mettre en évidence que les stations aval des rivières du Galion, de Grande Anse et de Sainte-Marie sont les zones de hot spot de la contamination de la matière vivante en Martinique. Seule une station amont, SJA170 sur la rivière Saint-Jacques, fait partie de ces 12 valeurs maximales. Enfin, l'ensemble des guildes

alimentaires sont présentes parmi ces 12 lots : les brouteurs-Herbivores (1 lot de *Sicydium sp*), les détritivores (3 lots d'*Atya sp*), les omnivores (4 lots d'*Eleotris perniger* et 2 lots de *Macrobrachium acanthurus*) et les carnivores (*Anguilla rostrata*)

Tableau 9 : Présentation des lots de matière vivante dont la contamination est supérieure à 10 000 µg/kg de PF

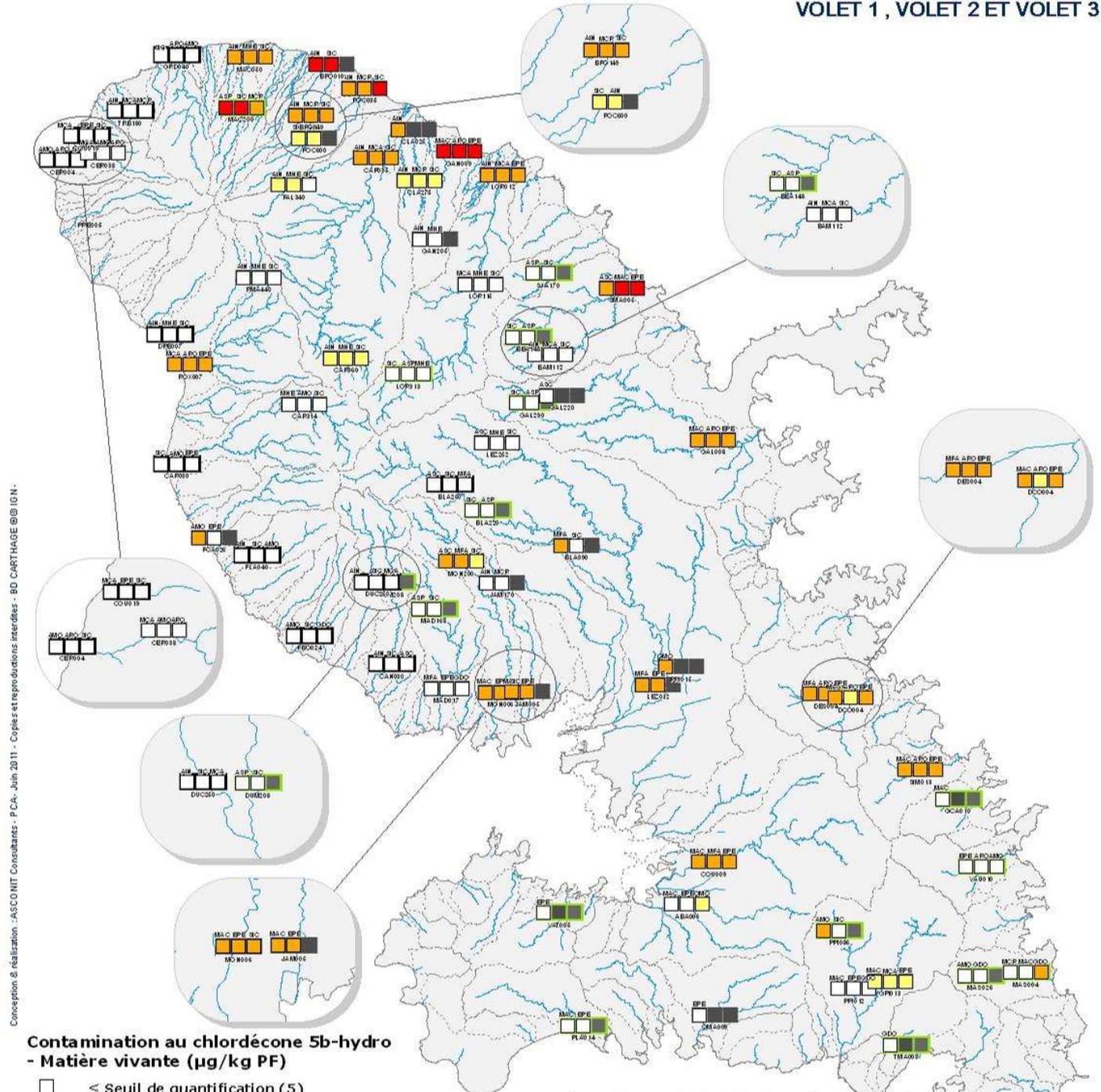
Cours d'eau	Station	Situation	Espèce	[Chlordécone] en µg/kg de PF
Saint Jacques	SJA170	Amont	<i>Atya innocous</i>	10117
Claire	CLA025	Aval	<i>Atya innocous</i>	11868
Basse Pointe	BPO010	Aval	<i>Sicydium sp.</i>	13482
Galion	GAL008	Aval	<i>Eleotris perniger</i>	10414
		Aval	<i>Anguilla rostrata</i>	16158
Grande Anse	GAN009	Aval	<i>Macrobrachium acanthurus</i>	11334
		Aval	<i>Eleotris perniger</i>	17628
		Aval	<i>Anguilla rostrata</i>	30467
Sainte-Marie	SMA005	Aval	<i>Eleotris perniger</i>	14458
		Aval	<i>Eleotris perniger</i>	21717
		Aval	<i>Atya scabra</i>	22148
		Aval	<i>Macrobrachium acanthurus</i>	31288

En ce qui concerne la 5b-hydro chlordécone, 445 lots ont été analysés. Sur ces derniers, 240, soit 54%, ont une concentration inférieure au seuil de quantification, et 304 lots, 68% ont une concentration convenable vis-à-vis de la valeur réglementaire de 20 µg/kg de PF. Enfin, seuls 13 échantillons ont une concentration supérieure à 200 µg/kg de PF.

Carte 8 : résultats obtenus sur la matière vivante pour le 5b hydro chlordécone, sur les stations des volets 1, 2 et 3



CONTAMINATION AU CHLORDÉCONE 5B-HYDRO DE LA MATIÈRE VIVANTE VOLET 1, VOLET 2 ET VOLET 3

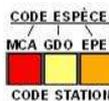


Conception & réalisation : ASCONIT Consultants - P.CA - Juin 2011 - Copies et reproductions interdites - BD CARTHAGE © IGN

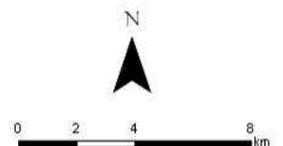
**Contamination au chlordécone 5b-hydro
- Matière vivante (µg/kg PF)**

- ≤ Seuil de quantification (5)
- de 5 à 20
- de 20 à 200
- >200
- Absence de données
- Volet 1
- Volet 2
- Volet 3
- Bassin versant
- Rivière

Cartouche



<i>Agonostomus monticola</i>	AMO
<i>Anguilla rostrata</i>	ARO
<i>Atya innocuus</i>	AIN
<i>Atya scabra</i>	ASC
<i>Atya sp.</i>	ASP
<i>Cherax sp.</i>	CHE
<i>Eleotris perlinger</i>	EPE
<i>Gobiesox nudus</i>	GNU
<i>Gobiomorus dormitor</i>	GDO
<i>Macrobrachium acanthurus</i>	MAC
<i>Macrobrachium carchus</i>	MCA
<i>Macrobrachium crenulatum</i>	MCR
<i>Macrobrachium faustum</i>	MFA
<i>Macrobrachium heterochirus</i>	MHE
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	MRO
<i>Oreochromis mossambicus</i>	OMO
<i>Sicydium sp.</i>	SIC
Poisson	
Crevette	



La figure 4 permet de visualiser l'ensemble des résultats obtenus sur chacune des stations. Comme c'était le cas pour l'eau, la matière vivante affiche une contamination bien plus importante pour les 3 campagnes du volet 1. Il ne serait à nouveau pas pertinent de penser à une décontamination dans le temps. Les raisons exposées dans le paragraphe sur l'eau restent l'explication principale à cette observation : un programme d'échantillonnage orienté vers des zones contaminées pour le volet 1.

Cette figure permet de distinguer les niveaux de contamination par zone sur les différents cours d'eau. La zone Nord Caraïbes est peu touchée, exceptée sur la Roxelane. C'est aussi le cas des zones Sud Caraïbes et Sud, hormis la rivière Pilote. Sur l'agglomération Foyalaise, la contamination est inégale avec des cours d'eau très peu contaminés - Case Navire et Madame - par rapport à la rivière Monsieur ou Jambette. Le centre affiche une contamination moyenne. De plus, les stations amont du bassin de la Lézarde sont clairement moins touchées que les stations aval. Enfin les stations de la façade Atlantique sont très contaminées. Contrairement à la zone Sud, dont les cours d'eau sont moins importants et l'occupation du sol moins agricoles, la zone nord montre clairement un gradient de contamination amont-aval. C'est en effet sur l'aval des cours d'eau du Nord Atlantique que sont présentes les valeurs maximales obtenues en Martinique.

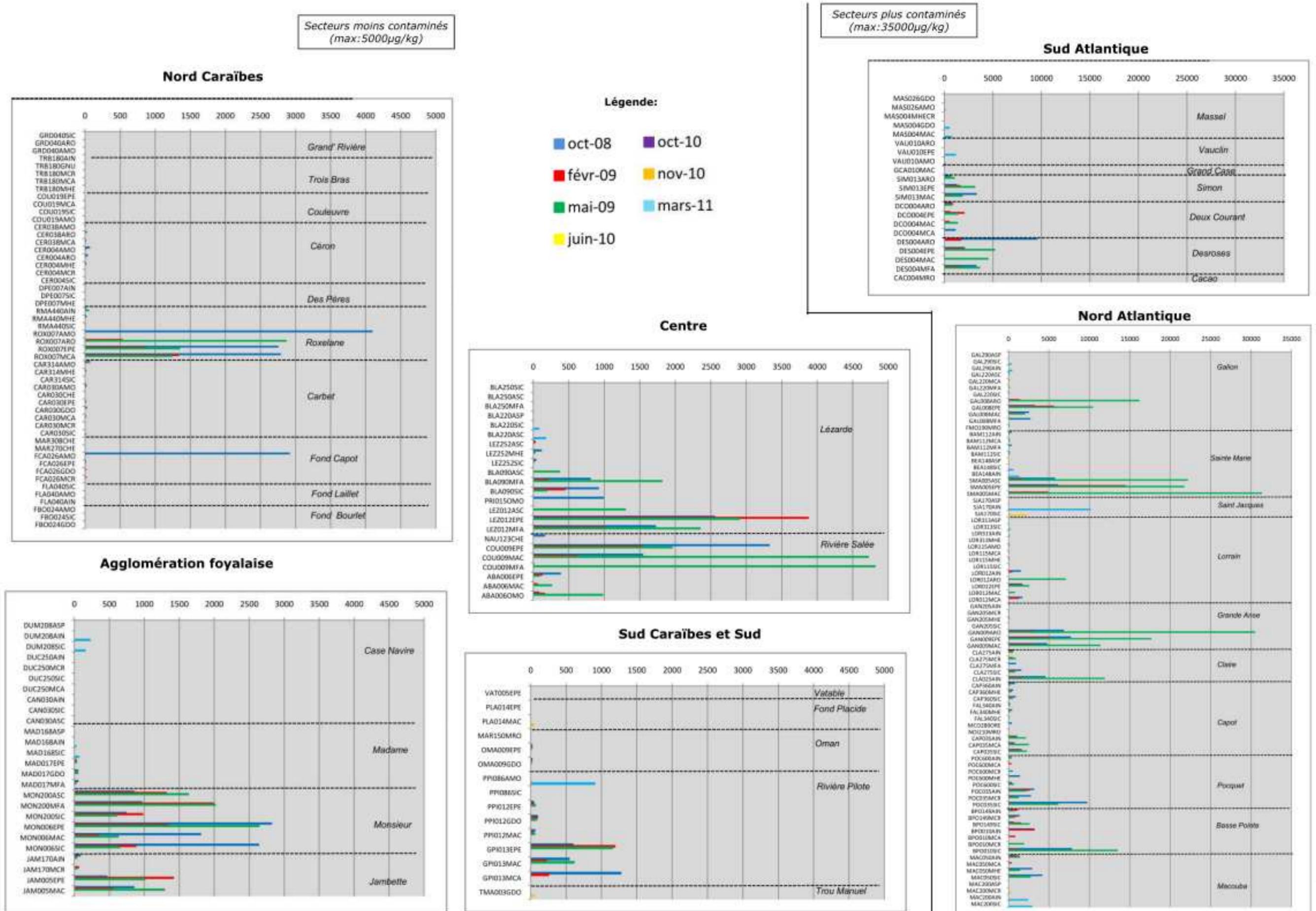
La figure 10, en annexe 3, représente les mêmes informations que celles de la figure 4, mais avec une échelle logarithmique. Cette représentation permet de zoomer sur les plus faibles concentrations, et de visualiser le dépassement ou non de la norme admissible. Cela met ainsi nettement en évidence l'absence de contamination sur la minorité de stations et le non respect vis-à-vis de la norme en vigueur sur la majorité des stations.

Le tableau 10 synthétise, les niveaux de contamination, notamment au regard de la norme en vigueur, sur les différents cours d'eau étudiés, en fonction des différentes zones de la Martinique.

Tableau 10 : Présentation des cours d'eau en fonction des zones et des niveaux de contamination sur la matière vivante

Zones	Matière vivante		
	Cours d'eau non contaminés	Cours d'eau dont la contamination est inférieure à la norme	Cours d'eau dont la contamination est supérieure ou égale à la norme
Nord Caraïbes	Trois Bras, Fond Laillet et Fond Boucher	Grand' Rivière, Couleuvre, Des Pères	Anse Céron, Roxelane, Carbet, Fond Capot
Agglomération Foyalaise	Aucun	Aucun	Case Navire, Madame, Monsieur, Jambette, Gondeau, Longvilliers
Centre	Aucun	Aucun	Lézarde (dont Petite Rivière, Petite Lézarde et Blanche), et la Rivière Salée
Sud Caraïbes	Vatable	Aucun	Fond Placide
Sud	Aucun	Aucun	Oman, Rivière Pilote (Petite et Grande Pilote), Trou Manuel et Massel
Sud Atlantique	Aucun	Grand Case, Cacao	Vauclin, Simon, Deux Courant, Desroses
Nord Atlantique	Aucun	Aucun	Tous

Figure 4 : Concentration en chlordécone dans la matière vivante sur l'ensemble des stations étudiées lors des volets 1, 2 et 3



3.2.2.3. Conclusion

Les données acquises au cours des 3 volets de cette étude permettent de mieux cerner l'emprise géographique, ainsi que le degré de la contamination due à la chlordécone sur les milieux aquatiques martiniquais. Les trois matrices étudiées permettent, de plus, d'avoir une vision complète de cette dernière. Les analyses de l'eau et de la matière vivante sont complémentaires et nécessaires pour l'étude judicieuse des cours d'eau.

La majorité des stations a été étudiée lors du 1er volet. Leur emplacement avait été déterminé en fonction des risques de contamination. Ces dernières affichaient une contamination quasi-généralisée des cours d'eau. Le second volet, principalement tourné sur la zone Nord Caraïbes a permis de pondérer les résultats assez alarmants obtenus lors du 1er volet. Enfin, ce 3ème volet a agrémenté l'échantillonnage sur les zones du Sud et sur les têtes de bassin versant. Les résultats obtenus montrent à nouveau que la majorité des stations étudiées sont contaminées, mais à des concentrations moins préoccupantes que celles disponibles suite au 1^{er} volet.

Enfin, la majorité des cours d'eau étudié montre une contamination supérieure à une des 2 normes - eau ou matière vivante - et très peu de cours d'eau ne sont pas contaminés. Les seuls cours d'eau étudiés à ce jour et ne montrant aucune contamination sont tous situés sur la zone Nord Caraïbes et Sud Caraïbes. Ces éléments sont résumés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Présentation des cours d'eau en fonction de leur zone et des niveaux de contamination sur l'eau et la matière vivante.

Zones	Eau (NQE=0,1µg/l) et matière vivante (NQE=20 µg/kg de PF)		
	Cours d'eau non contaminés	Cours d'eau dont la contamination est inférieure à une norme	Cours d'eau dont la contamination est supérieure ou égale à une norme
Nord Caraïbes	Trois Bras, Fond Laillet et Fond Boucher, Précheur	Grand' Rivière, Couleuvre, Des Pères	Anse Céron, Roxelane, Carbet, Fond Capot
Agglomération Foyalaise	Aucun	Aucun	Case Navire, Madame, Monsieur, Jambette, Gondeau, Longvilliers
Centre	Aucun	Aucun	Lézarde (dont Petite Rivière, Petite Lézarde et Blanche), et la Rivière Salée
Sud Caraïbes	Vatable, Pagerie	Aucun	Fond Placide
Sud	Aucun	Aucun	Oman, Rivière Pilote (Petite et Grande Pilote), Trou Manuel et Massel
Sud Atlantique	Aucun	Grand Case, Cacao	Vauclin, Simon, Deux Courant, Desroses, Mansarde
Nord Atlantique	Aucun	Aucun	Tous

Des cartes « tronçons » ont été réalisées. Elles permettent de visualiser l'extrapolation de la contamination envisageable à partir des stations étudiées. Les principes de constructions de ses cartes sont les suivants :

Pour l'eau et les sédiments :

- Quand un cours d'eau dispose de plusieurs stations
 - Le tronçon aval est caractérisé par les données disponibles sur la station la plus en aval
 - Le tronçon amont est caractérisé par les données disponibles sur la station la plus en amont
 - Le ou les tronçons intermédiaires sont caractérisés par les données disponibles sur la station présentant les résultats les moins bons.
- Quand un cours d'eau dispose d'une seule station, les tronçons amont et aval sont caractérisés par cette station.

Pour la matière vivante : les mêmes principes sont adoptés à une nuance prêt. Comme pour l'eau et les sédiments il serait tentant de caractériser le tronçon amont à partir de la station la plus en amont. Cependant bien que les espèces migrent, nous n'avons aucune certitude de retrouver les mêmes contaminations en amont de la station où elles ont été pêchées (éventuelle présence d'ouvrage/capacité de franchissement, conditions du milieu non favorables à l'espèce...). Ainsi, au lieu de faire figurer le tronçon en trait plein, il apparait en pointillé - de la couleur de la station aval. Cela permet d'extrapoler la contamination sans être trop sévère quant à son étendue.

Pour toutes les matrices, les stations sont symbolisées par des ronds de couleur reflétant leur état. Les informations provenant des aquacultures sont « lissées ». Les points stations apparaissent en colorés, mais le tronçon en gris. Elles sont identifiées en rouge. L'objectif est de ne pas donner un état à un tronçon de cours d'eau s'il provient d'eau, ou d'animaux, prélevés non pas dans le cours du lit de la rivière mais dans une aquaculture.

Ces cartes font notamment très bien ressortir les points étudiés dans le second volet sur les cours d'eau ne présentant pas de contamination pour l'eau mais dont les espèces sont contaminées.

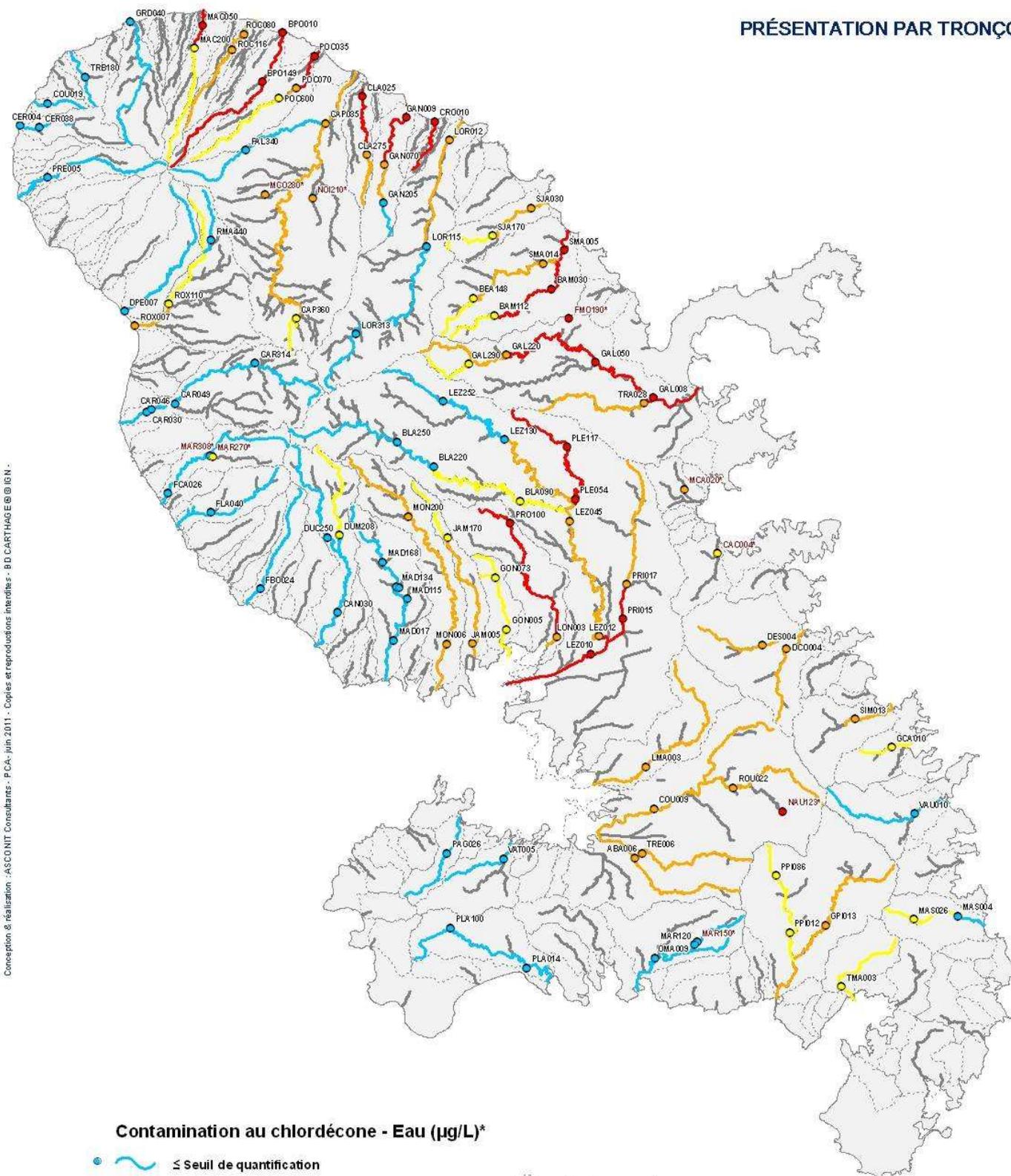
Les cartes eau et sédiments, cartes 9 et 10, affichent globalement une absence de contamination sur la zone Nord Caraïbes et Sud Caraïbes, ainsi que les têtes de bassin tournées vers la Pelée. La carte 11, concernant la matière vivante présente des résultats beaucoup moins contrastés avec une contamination au deçà des normes en vigueur sur la totalité des cours d'eau. Il pourrait toutefois être intéressant de réaliser des prélèvements sur des zones en amont sur certains cours d'eau comme la Grand' Rivière ou la Roxelanne. Enfin, certains affluents de cours d'eau relativement important tels que la Roxelane ou Carbet n'ont pas été échantillonnés. Une caractérisation de leur contamination pourrait être pertinente, notamment au regard d'une future zonation de l'arrêté de Pêche. Ces 2 cours d'eau sont, en effet, dans un secteur prisé pour la pêche en rivière.

Le tableau synoptique en annexe 4 présente le plus mauvais résultat obtenu sur chacune des stations et des matrices pour la chlordécone et le 5b-hydro chlordécone. Ces valeurs sont exposées en fonction de leur position vis-à-vis des différents seuils, notamment des normes en vigueur.

Carte 9 : Présentation par tronçon de la contamination à la chlordécone dans l'eau.

CONTAMINATION AU CHLORDÉCONE DE L'EAU

PRÉSENTATION PAR TRONÇON



Conception & réalisation : ASCONIT Consultants - P.C.A. juin 2011 - Copies et reproductions interdites - BD.CARTHAGE@IGN

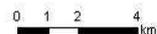
Contamination au chlordécone - Eau (µg/L)*

- — ≤ Seuil de quantification
- — Seuil de quantification à 0,1
- — De 0,1 à 1
- — > 1

- Bassin versant
- Cours d'eau

* Aquaculture

* seuil de quantification du chlordécone sur eau : - volet 1 = 0,01 µg/L
- volet 2 et 3 = 0,003 µg/L

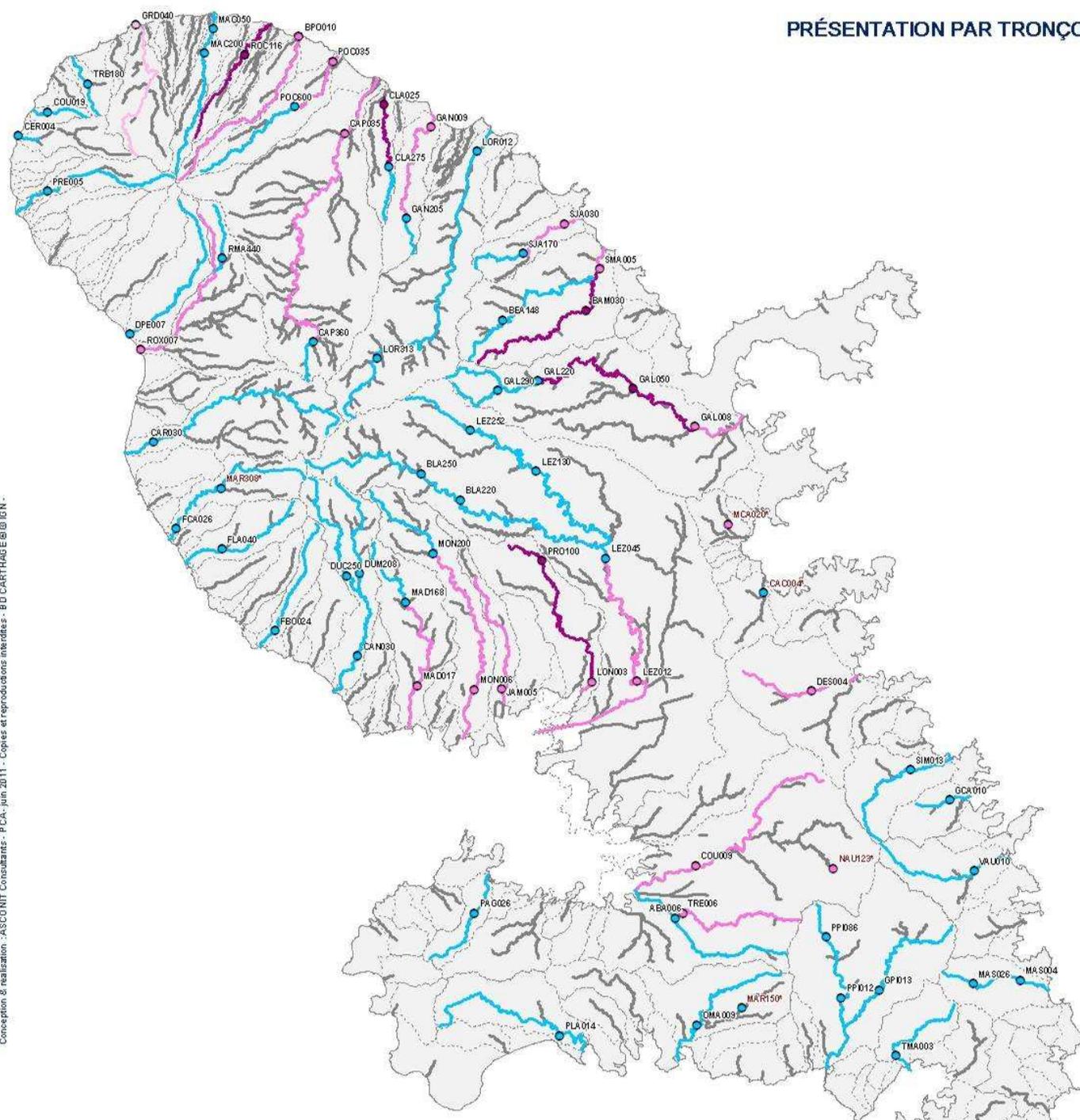


Carte 10 : Présentation par tronçon de la contamination à la chlordécone dans les sédiments



CONTAMINATION AU CHLORDÉCONE DES SÉDIMENTS

PRÉSENTATION PAR TRONÇON



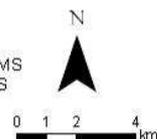
Conception & réalisation : ASCONIT Consultants - P.C.A. - juin 2011 - Copies et reproductions interdites - BD CARTHAGE @ IGN

Contamination au chlordécone - sédiments (µg/kg MS)*

- | | | | | | |
|--------------------|--------------------------------|---------|----------------------------------|--|----------------|
| Volet 1 et volet 3 | | Volet 2 | | | |
| | ≤ Seuil de quantification (10) | | ≤ Seuil de quantification (0,15) | | Bassin versant |
| | seuil de quantification à 100 | | de 10 à 100 | | Cours d'eau |
| | > 100 | | > 100 | | |

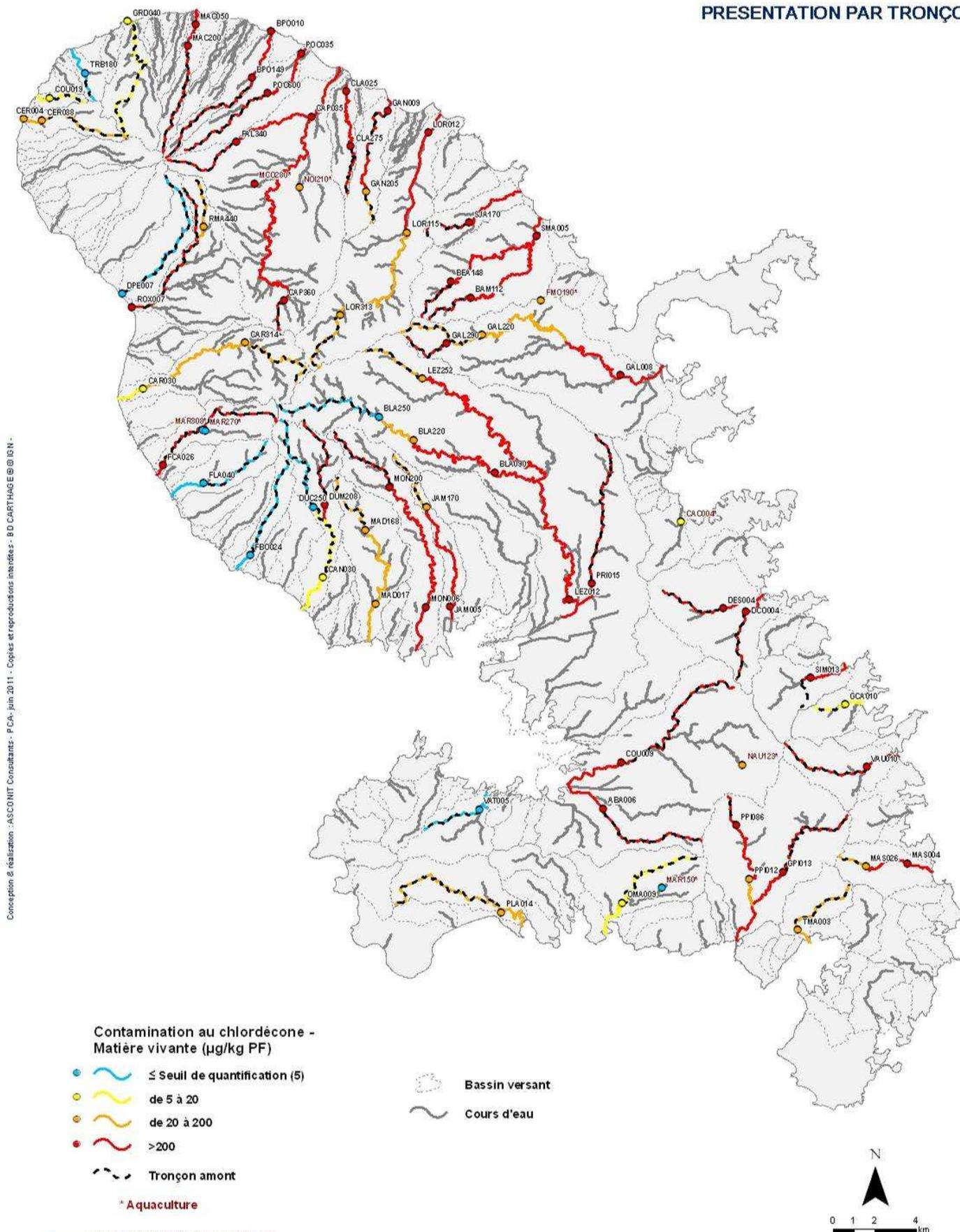
* Aquaculture

* seuil de quantification du chlordécone sur sédiment : - volet 1 et 3 = 10 µg/kg MS
- volet 2 = 0,15 µg/kg MS



Carte 11 : Présentation par tronçon de la contamination à la chlordécone dans l'eau.

CONTAMINATION AU CHLORDÉCONE DE LA MATIÈRE VIVANTE PRÉSENTATION PAR TRONÇON



3.3. Le bêta HCH

Le bêta HCH est un isomère du lindane. Comme la chlordécone, le lindane est un insecticide organochloré, dont la rémanence dans les sols est très importante. Son utilisation en agriculture est interdite depuis 1998.

Parmi les stations étudiées lors du 3^{ème} volet de cette étude, seules les eaux de la rivière Macouba, sur la station Desiles, montrent la présence de cette molécule, et ce lors des 2 campagnes. Comme pour la chlordécone, la valeur la plus importante est celle du mois de novembre 2010 (0.03 µg/l et 0.011 µg/l pour mars 2011).

En ce qui concerne les sédiments aucune station n'a révélé la présence de bêta HCH, lors de l'unique campagne d'analyse.

Enfin, les analyses de la matière vivante présentent les stations de 3 cours d'eau comme contaminées :

- Sur la station Pont Albert de la rivière Fond Placide, le lot d'*Eleotris perniger* contient cette molécule présente « en trace » à une valeur inférieure au seuil de quantification.
- Sur la station de la Trace des Jésuites sur la rivière du Lorrain, le bêta HCH est dosé à une valeur proche du seuil de quantification sur un lot d'*Atya innocus*. Sur les 2 campagnes d'analyses réalisées c'est celle de mars 2011 qui montre cette contamination.
- L'ensemble des lots de la station Desiles sur la rivière de Macouba est contaminé. Les valeurs varient de 9 à 57.7 µg/kg de PF, et sont plus élevées pour la campagne mars 2011.

Les résultats obtenus sur les stations du volet 3, confirment ceux obtenus lors des 2 précédents volets. Ainsi, la contamination des milieux aquatiques par le β HCH est nettement moins répandue sur le territoire martiniquais que celle par la chlordécone et ce qu'il s'agisse de la répartition spatiale et des niveaux de contamination. Les cartes présentées en annexe 5 montrent que les stations dont l'eau est contaminée par le β HCH se situent principalement sur la façade Nord Atlantique. La contamination de la matière vivante touche plus de stations que pour la matrice eau. Un phénomène de bioaccumulation dans le biote peut en être l'origine.

3.4. Analyse du mode de préparation des échantillons

Il s'agit d'étudier l'impact de la préparation de l'échantillon de matière vivante en distinguant sur une station l'analyse d'un lot d'individus entiers et l'analyse d'un lot contenant uniquement la chair des individus.

Les choix se sont portés sur la station AEP-Vivé, sur la rivière Capot et sur les *Atya sp*, en raison des connaissances déjà acquises sur la contamination de ce cours d'eau et de sa forte abondance pour cette espèce.

L'échantillonnage a été réalisé lors de la campagne de novembre 2010. Les lots prélevés sont présentés dans le tableau 18 de l'annexe 2. Au vu de la forte abondance des *Atya sp*, il a été décidé de prélever des lots de 2 classes de tailles. Cela amène donc le nombre de lot à 4. Les résultats pour chacun de ses lots sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 12 : Présentation des résultats en fonction des types de préparation de l'échantillon

Rivière	Code Sandre	Code Asconit	Nom station	Echantillon	Type préparation	MG %	[Chlord.] en µg/kg PF	[5b-hydro Chlord.] en µg/kg PF	[β HCH] en µg/kg PF
Capot	08115101	CAP035	Prise AEP Vivé Capot	ASP petit	avec cuticule	2,2	462	26	9
					sans cuticule	1,6	604	20	4
				ASP grd	avec cuticule	3,5	460	20	14
					sans cuticule	4,6	422	16	13

Les résultats sont relativement similaires entre les lots « avec » et les lots « sans » cuticule, pour chacune des substances analysées. Seules les valeurs obtenues pour les « ASP petit » pour le chlordécone sont légèrement différentes. Cette différence est toutefois vite estompée en tenant compte de l'incertitude analytique estimée à 30%.

A première vue, le mode de préparation des échantillons n'a pas clairement d'impact sur les résultats obtenus. Il est cependant très incertain de porter une conclusion définitive à ce sujet avec un seul jeu d'échantillon et ce en tenant compte de l'incertitude analytique.

4. Expertise sur la définition d'espèces sentinelles complémentaires

4.1. Contexte

L'arrêté du 25 janvier 2010, modifié par l'arrêté du 8 juillet 2010, relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface, précise les modalités de suivi pour le programme de surveillance des masses d'eau mis en œuvre dans le cadre de la DCE. L'état chimique, ainsi que l'état écologique pour les substances spécifiques dont fait partie la chlordécone pour les Antilles françaises, est apprécié au regard des normes de qualité environnementale, ou NQE, présentées pour les substances, listées dans le paragraphe 1 de l'annexe 8 du présent arrêté. Les NQE, concentration d'un polluant ou d'un groupe qui ne doit pas être dépassée, sont disponibles par substances dans l'eau, les sédiments ou le biote. 4 molécules disposent d'une NQE pour le biote; 3 concernent l'ensemble des bassins hydrographiques - l'hexachlorobenzène, l'hexachlorobutadiène et le mercure et ses composés - et la dernière - la chlordécone - est spécifique aux bassins hydrographiques de la Martinique et de la Guadeloupe. Le paragraphe 2 de l'annexe 8 de l'arrêté stipule que pour les normes biotes, l'indicateur le plus approprié parmi les poissons, mollusques, crustacés ou autres biotes présents dans la masse d'eau est choisi.

Les connaissances scientifiques poussées sur certains territoires, à la fois en termes d'écotoxicologie (espèces plus ou moins bioaccumulatrices) et de dynamique de populations (biomasse présente) ont permis de définir des espèces cibles permettant d'étudier leur contamination vis-à-vis des NQE. Les espèces des Antilles Françaises n'ont pas encore fait l'objet de ce genre de travaux (ou sont en cours).

Depuis 2010, c'est le *Sicydium* sp qui a été choisi comme espèce sentinelle pour le suivi de la contamination des 4 molécules dans le biote, en raison de son caractère ubiquiste. En effet, ces caractéristiques écologiques, notamment vis-à-vis de sa capacité de franchissement des obstacles permettent de le trouver dans la majorité des cours d'eau, et ce à l'aval comme à l'amont.

Cependant, en 2010, seules 8 stations sur les 19 que compte le réseau de surveillance/enquête et 6 sur les 9 du réseau de référence ont pu être étudiées sur ce poisson. C'est pourquoi il a été jugé intéressant de compléter le jeu d'espèces sentinelles.

Remarque : en 2011 le suivi DCE a aussi inclus le genre *Macrobrachium*

Cette expertise a été menée selon 3 axes :

- La détermination des espèces les plus pêchées lors des 3 volets de cette étude

- L'étude des espèces présentes sur les stations des réseaux DCE et susceptibles de pouvoir jouer le rôle d'espèce sentinelle
- L'analyse statistique de la contamination par la chlordécone des espèces

4.2. Détermination des espèces ayant permis de constituer le plus de lots lors des 3 volets

Le tableau suivant présente les espèces ciblées lors des 3 volets de cette étude. Le choix de ces espèces s'est axé sur 2 caractéristiques fondamentales permettant de faciliter la constitution de lots homogènes sur la majorité des cours d'eau :

- La taille moyenne de chacun des individus
- Leur abondance

Lors du volet 1 des caractéristiques plus fines, telles que les guildes alimentaires des espèces et leur attractivité vis-à-vis de la pêche et de la consommation, avaient aussi été prises en compte.

Tableau 13 : Espèces ciblées lors des plans d'échantillonnage des volets 1, 2 et 3

	Espèces	
	Volet 1	Volet 2 et 3
En priorité 1:	<i>Macrobrachium faustinum</i> <i>Atya innocous*</i> <i>Agonostomus monticola</i>	<i>Sicydium sp.</i> <i>Atya scabra ou Atya innocous</i>
En priorité 2:	<i>Macrobrachium crenulatum</i> <i>Atya scabra*</i> <i>Eleotris perniger</i>	<i>Macrobrachium crenulatum</i> <i>Macrobrachium heterochirus</i> <i>Eleotris perniger</i>
En priorité 3:	<i>Macrobrachium heterochirus</i> <i>Anguilla rostrata</i> <i>Gobiomorus dormitor</i>	<i>Anguilla rostrata</i> <i>Macrobrachium carcinus</i>
En priorité 4:	<i>Macrobrachium carcinus</i> <i>Sycidum sp.</i>	/

*La priorité à *Atya innocous* pour le volet 1 est arbitraire, l'espèce la plus abondante est choisie

Comme le montre ce tableau, une réorientation des espèces cibles à eu lieu entre le 1^{er} volet et les deux suivants. Le *Sicydium* est passé du stade de priorité 4, au stade d'espèce sentinelle aux vues de sa forte présence sur les stations. Les *Macrobrachium faustinum* ont été supprimés car les individus pêchés étaient trop petits et souvent grainés, ce qui rendait la constitution d'un lot impossible ou chronophage. Les poissons *Agonostomus monticola*, *Gobiomorus dormitor* ont aussi été écartés car pas suffisamment abondants ou spatialement représentatifs.

Les paragraphes suivants présentent une analyse effectuée sur les données disponibles dans le cadre de cette étude. Il est donc important de noter que les options du plan d'échantillonnage présentées dans le tableau précédent influencent grandement les résultats et que cette analyse ne permettra pas réellement de révéler les taxons les plus abondants sur chacune des stations étudiées, mais les plus abondants parmi les espèces cibles. De plus, d'autres espèces ont pu être échantillonnées si celles ciblées n'étaient pas présentes ou suffisamment abondantes.

Dans un premier temps, la composition des lots par espèces a été étudiée. Ainsi, parmi les 18 espèces ayant permis la préparation des échantillons, 3 groupes se détachent sur la figure 5.

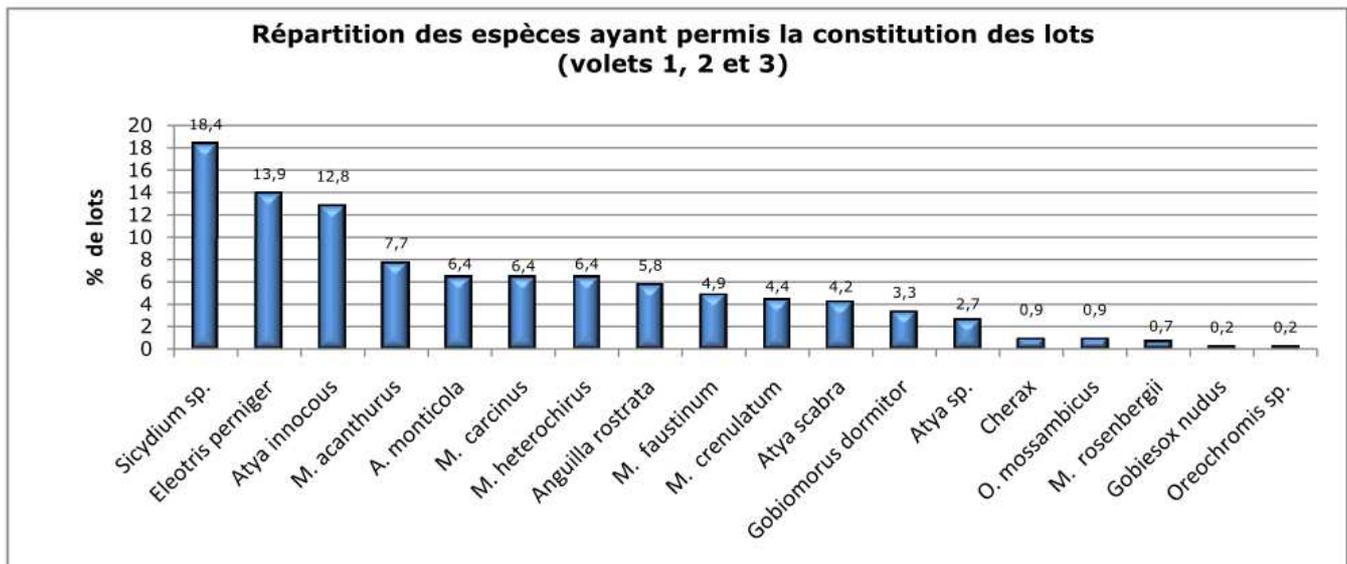


Figure 5 : Graphique présentant le pourcentage de chacune des espèces dans la constitution des lots

- Les espèces ayant permis la constitution de plus de 10% des lots :

Ce sont ces derniers qui sont particulièrement intéressants dans le cadre de cette expertise. Il ressort clairement que le *Sicydium* sp. est le taxon ayant permis de réaliser la majorité des lots, soit environ 18%. Ensuite, ce sont le poisson, *Eleotris perniger* avec 13.9% et le crustacé *Atya innocous* avec 12.8% qui ont été les plus pêchés. Ces 3 taxons ont fait parti des espèces cibles pour les 3 volets.

- Les espèces ayant permis la constitution de 1 à 10 % des lots :

Ce groupe compte 10 taxons, dont 7 de crustacés et 3 de poissons. Excepté *Macrobrachium acanthurus*, ils ont tous été visés par le plan d'échantillonnage d'un des volets. Bien qu'ils aient été échantillonnés lors des volets 2 et 3, *Agonostomus monticola* et le *Gobiomorus dormitor* avaient été éliminés des espèces cibles suite aux prospections du volet 1 en raison de leur présence sur un nombre restreint de cours d'eau. Les *Macrobrachium faustinum*, sont quant à elles présentes sur de nombreux cours d'eau martiniquais, mais leur faible taille et le nombre de femelles ovigères important rend la constitution de lot complexe. C'est pourquoi, elles avaient aussi été retirées du plan d'échantillonnage suite au volet 1.

- Les espèces ayant permis la constitution de moins de 1% des lots :

Le nombre de lots réalisés à partir de ces 5 taxons est très faible, et permet d'ores et déjà de les écarter pour la définition d'une espèce sentinelle complémentaire au *Sicydium* sp.

La figure 6 présente les informations précédentes en fonction de la position de la station d'où provient de lots. Cela permet de se rendre compte de la répartition altitudinale de la provenance des lots en fonction de chaque espèce. Comme pour la suite de cette analyse, le nombre d'espèce a été restreint. Le dernier groupe présenté précédemment a été supprimé. On observe ainsi que :

- Les lots provenant des stations amont sont formés de 32% de lots de *Sicydium*, 20% d'*Atya innocous*, 16% de *Macrobrachium heterochirus* et 11% d'*Atya scabra*.
- Les lots provenant des stations intermédiaire ont permis de collecter 27% de lots d'*Atya innocous*, 24% de *Sicydium*, et 12% de *Macrobrachium carcinus* et *crenulatum*.
- Les lots provenant des stations aval sont constitués en majorité d'*Eleotris perniger*, avec 27% des lots, puis des *Sicydium* et des *Macrobrachium acanthurus* avec 12%, et des *Anguilla rostrata* avec 9%.

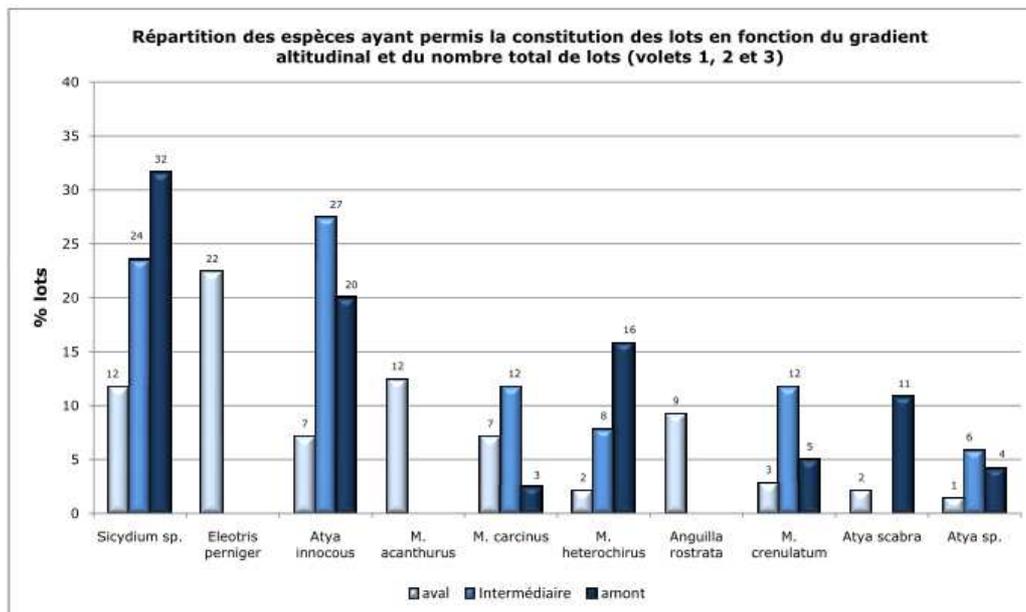


Figure 6 : Graphique présentant la composition des lots amont, intermédiaire et aval

Remarques :

- le paramètre utilisé pour classer les stations en fonction de leur zone amont/intermédiaire/aval est bien entendu l'altitude. Ce classement n'est pas tout à fait le même que celui présenté dans la base de données. En effet, ce dernier situait les stations d'un même cours d'eau, les unes par rapport aux autres. Ainsi, une station pouvait être qualifiée d'amont alors qu'elle se situe à 38m d'altitude. Le classement choisi est une adaptation de celui proposé par Lim (2002)⁶ : station aval comprise entre 0 et 100m, station intermédiaire comprise entre 100 et 200m, et station amont supérieure à 200m.
- L'altitude joue un rôle intéressant dans la répartition des espèces à plusieurs titres : la présence d'obstacles naturels ou non peut limiter la présence de certaines espèces vers l'amont ; les cycles de vie et notamment la migration de certaines espèces favorisent aussi leur présence aux différents gradients altitudinaux en fonction de leur stade de croissance ; la qualité de chacun des milieux et les caractéristiques morphologiques associés

Le graphique présenté à la figure 7, permet de visualiser la représentation spatiale des lots de chaque taxon par rapport à l'ensemble des bassins versants, rivières et stations étudiées.

Echelle des bassins versants : Respectivement 61%, 53% et 45% des bassins versants ont montré la présence de *Sicydium sp*, d'*Eleotris perniger* et d'*Atya innocous*. Les *Macrobrachium* sont présentes sur 32 à 39% des bassins versants. *Anguilla rostrata* et *Atya sp* sont présents sur un quart des bassins versants. Enfin, seul 13% des bassins versants affiche la présence d'*Atya scabra*.

Echelle des rivières : Les pourcentages de présence de chacune des espèces par rivière se resserrent par rapport aux pourcentages de présence sur les bassins versants. Ils varient en effet de 47 à 11%. Comme précédemment les espèces apparaissant sur le plus de cours d'eau étudiés sont le *Sicydium* sur 47% des rivières étudiées, l'*Eleotris perniger* sur 43% et l'*Atya innocous* sur 40%. Les *Macrobrachium*, *Anguilla Rostrata* sont présents sur 23 à 30% des cours d'eau. Les *Atya sp*, puis les *Atya scabra* sont les taxons occupant le moins de cours d'eau, seulement 17 et 11%.

Echelle des stations : Les *Sicydium* ressortent encore une fois clairement, apparaissant sur la moitié des stations échantillonnées. Contrairement aux autres échelles étudiées, ce n'est pas l'*Eleotris perniger* qui arrive en deuxième position, mais l'*Atya innocous*, présente sur 36% des stations. L'*Eleotris perniger* reste toutefois sur un tiers des stations. Le groupe des *Macrobrachium* se détache à nouveau des autres taxons, avec une présence sur 19 à 22% des stations. *Anguilla Rostrata* et les autres *Atyidae* sont quant à elles présentes sur 19 et 12% des stations.

⁶ Lim P., Meunier F.J., Keith P. et P.Y. Noël, 2002. Atlas des poissons et crustacés d'eau douce de la Martinique. *Patrimoines naturels*, 51 :120p.

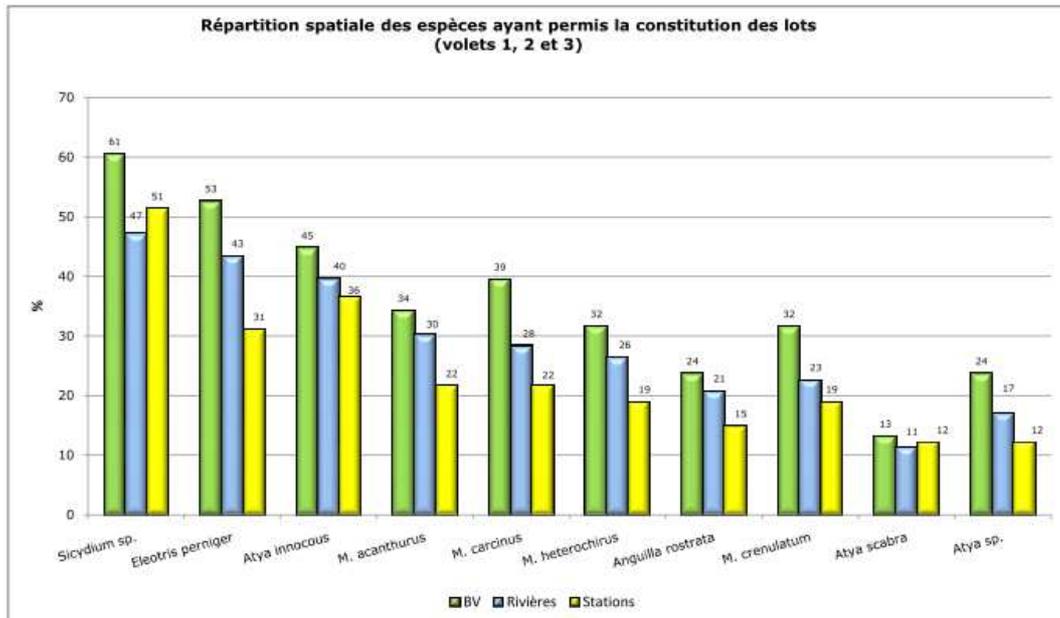


Figure 7 : Graphique présentant la répartition spatiale de chaque espèce en fonction de leur présence sur les bassins versants, les rivières et les stations étudiées.

Ce graphique confirme que le *Sicydium* est l'espèce dont la présence est la plus importante à chacune de ces échelles : 60% des BV, 47% des rivières et 51% des stations étudiés. On observe que le pourcentage est plus important pour les stations que pour les rivières. Cela montre que le *Sicydium* est présent sur plusieurs stations – amont, aval et/ou intermédiaire – d'un même cours d'eau. C'est le seul taxon, avec *Atya scabra*, pour lequel cette remarque s'applique. *Eleotris perniger* et *Atya innocous* ressortent à nouveau vis-à-vis de l'ensemble des autres espèces.

La figure 8 précise l'histogramme jaune de la figure 7, et représente le pourcentage de chaque espèce échantillonnée sur une des 3 zones amont, aval et intermédiaire. Le graphique se lit de la façon suivante : Les histogrammes montrent que le *Sicydium* est présent sur les 3 zones et en majorité sur des stations amont. Les étiquettes permettent d'indiquer de 85% de l'ensemble des stations amont ont permis la constitution de lots de *Sicydium*, 55% des stations intermédiaires et 35% des stations aval.

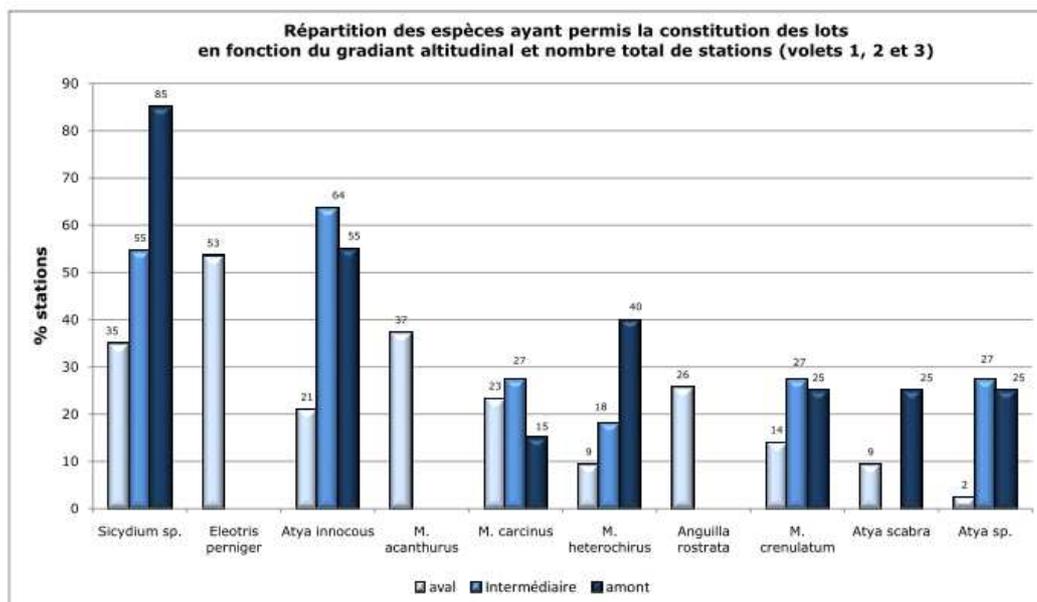


Figure 8 : Graphique présentant la répartition altitudinale de chaque espèce en fonction de présence sur chaque type de stations étudiées (amont/aval/intermédiaire).

On voit ainsi, que certaines espèces sont spécifiques aux zones aval. C'est le cas d'*Eleotris perniger* présent sur 53% des stations aval, de *Macrobrachium acanthurus* et d'*Anguilla Rostrata* (37% et 26% des stations aval). L'*Atya innocous* et le *Macrobrachium carcinus* sont tout de même présents sur 21 et 23% des stations aval.

Au niveau des stations intermédiaires, c'est l'*Atya innocous* qui est la plus représentée avec 64% des stations. Vient ensuite relativement proche le *Sicydium sp.* présent sur 55% des stations intermédiaires. Le reste des taxons présents sur des stations intermédiaires est sur 18 à 27% de ces stations.

En ce qui concerne les stations amont, 3 espèces se détachent :

- Les *Sicydium* échantillonnés sur 85% des stations amont. Cela s'explique à la fois par leur capacité de franchissement, mais aussi par un « biais » de l'échantillonnage. En effet, les espèces à l'aval et en zone intermédiaire étant plus nombreuses, il a pu être préféré au *Sicydium* des espèces moins présentes par ailleurs telles que *M. carcinus*, *A. rostrata* par exemple, ce qui n'est pas le cas à l'amont.
- Avec 55% des stations amont échantillonnées vient l'*Atya innocous*
- Le *Macrobrachium heterochirus* sur 40% des stations amont étudiées.

Un dernier groupe est constitué du *Macrobrachium carcinus* (15% de stations amont) et de *M. crenulatum*, et des *Atya sp.* et *scabra* (25% de stations amont).

In fine, cette analyse permet de valider l'utilisation du *Sicydium* comme espèce sentinelle. C'est en effet l'espèce ayant la répartition géographique la plus importante en fonction du nombre de bassins versants, de cours d'eau, puis de stations, mais aussi en terme de zonation altitudinale. Deux espèces sont aussi clairement mises en exergue :

- L'*Eleotris perniger* pour les zones aval
- L'*Atya innocous* principalement pour les zones intermédiaires et amont, et en second lieu pour les zones aval.

Remarque :

- Cette analyse a été réalisée en distinguant les espèces du genre *Atya*. Toutefois, au vu des similitudes entre les espèces il avait été envisagé dans les différents plans d'échantillonnage de les étudier ensemble. Dans ce cas, le genre *Atya* serait d'autant plus pertinent comme complément au *Sicydium sp.*
- Pour le *Sicydium*, on ne fait pas de distinction à l'espèce. Il faut effectivement privilégier la même approche pour les macro-crustacés, sous la condition qu'il apparaisse pertinent de constituer un lot « *Atya* » ou un lot « *Macrobrachium* ». Il convient de noter que l'extrapolation a posteriori de la pertinence d'orienter le choix vers un genre sentinelle plutôt qu'une espèce est biaisée par le choix de départ relatif à la constitution des lots.

4.3. Etude des abondances par espèces sur les stations DCE.

Un examen des abondances des espèces, susceptibles d'être utilisées comme espèce sentinelle a été réalisée sur l'ensemble des stations des réseaux DCE. Les données utilisées proviennent des différents réseaux DCE :

- Réseau de référence de 2005 à 2010
- Réseau de surveillance de 2007 à 2010
- Réseau d'enquête depuis 2009

Les 2 caractéristiques fondamentales qu'une espèce doit avoir pour être sentinelle sont une abondance suffisante et une longueur/taille moyen suffisamment importante pour pouvoir réaliser un échantillon d'un poids acceptable et composé d'individus homogènes.

Remarque : Logiquement, il faudrait aussi une espèce plutôt sédentaire, mais aucune espèce des cours d'eau de Martinique ne respecte ce critère

En ce qui concerne le second paramètre le tableau suivant classe les différentes espèces présentes sur les cours d'eau martiniquais en fonction de leur taille et donc de pertinence vis-à-vis de la réalisation d'un échantillon. Les espèces marquées d'un astérisque sont celles que notre expérience du terrain nous pousse à éliminer directement eu égard à leur faible abondance et répartition sur les cours d'eau.

Tableau 14 : classement des espèces en fonction de leur taille pour la réalisation d'échantillons

	Taille moyenne trop faible	Taille acceptable
Crustacés	<i>Micratya poeyi</i> <i>Potimirim potimirim</i> <i>Jonga serrei</i> <i>Xiphocaris elongata</i>	<i>Atya Innocous et scabra</i> <i>Macrobrachium acanthurus</i> <i>Macrobrachium carcinus</i> <i>Macrobrachium crenulatum</i> <i>Macrobrachium hétérochirus</i> <i>Macrobrachium faustinum</i>
Poisson	<i>Poecilia reticulata</i> <i>Poecilia vivipara</i> <i>Rivulus cryptocallus</i> <i>Microphis brachyurus</i>	<i>Agonostomus monticola</i> <i>Anguilla rostrata</i> <i>Eleotris perniger</i> <i>Dormitator maculatus*</i> <i>Gobiomorus dormitor*</i> <i>Gobiesox nudus *</i> <i>Awaous banana*</i> <i>Sicydium sp.</i> <i>Oreochromis mossambicus*</i> <i>Xiphophorus hellerii*</i>

Un tri sur l'ensemble des données disponibles dans le cadre des réseaux DCE, et dont la taille et l'abondance sont à première vue pertinentes, a été effectué. Il est présenté dans les tableaux de l'annexe 6. Il est tout de même important de signaler que le *Sicydium* est présent sur la quasi-totalité des stations et des campagnes sur chacun des réseaux.

Le tableau suivant présente les stations sur lesquelles l'emploi du *Sicydium* n'est pas envisageable en termes d'espèce sentinelle. A chacune de ces stations nous avons fait correspondre une des 2 espèces pré-sélectionnées dans le cadre de l'analyse précédente – *Eleotris perniger* et *Atya innocous/scabra* – et/ou une espèce dont l'abondance permettrait la constitution d'échantillon.

Tableau 15 : Présentation des espèces susceptibles de jouer le rôle d'espèce sentinelle sur les stations où l'emploi du *Sicydium* n'est pas pertinent

Réseaux et stations	Espèce pré-sélectionnée avec les données "Plan Chlordécone"	Espèces pertinentes aux vues des données DCE	
		1	2
Réseau de surveillance :			
Grand Galion	<i>(E. perniger)</i>	<i>M. faustinum</i>	<i>M. acanthurus</i>
Petit Bourg	<i>E. perniger</i>	<i>(M. faustinum)</i>	<i>(M. acanthurus)</i>
Gué de la Désirade	<i>A. scabra</i>	<i>(M. faustinum)</i>	x
Pont RN1 (Lézarde)	<i>(E. perniger)</i>	<i>M. faustinum</i>	x
Pont de Chaîne	<i>(E. perniger)</i>	<i>M. faustinum</i>	x
Dormante	<i>(E. perniger)</i>	<i>M. faustinum</i>	x
Brasserie Lorraine	x	<i>M. faustinum</i>	<i>M. acanthurus</i>
Pont de Belle Ile	<i>A. scabra</i>	<i>(M. faustinum)</i>	<i>(M. acanthurus)</i>
Fontane	<i>E. perniger</i>		
Réseau de référence :			
La Broue	<i>(E. perniger)</i>	<i>M. faustinum</i>	x
Beauregard	<i>(E. perniger)</i>	<i>M. faustinum</i>	x
Pont de l'Alma	<i>A. innocous</i>	X	x
Réseau d'enquête :			
Aucune	x	x	x

Lorsqu'une espèce est entre parenthèse cela signifie que son abondance et/ou sa présence varie en fonction des années et qu'il n'aurait pas été possible de constituer un lot chaque année. Ainsi, lorsqu'il s'agit :

- D'une espèce présélectionnée avec les « données du plan chlordécone » son choix devrait être prioritaire si les conditions le permettent. Si ce n'est pas le cas, et que les *Sicydium* ne sont pas en nombre suffisant il faut se reporter à « l'espèce pertinente aux vues des données DCE », qui, elle est en théorie présente avec une forte abondance.
- D'une espèce « pertinente aux vues des données DCE » son choix est secondaire, puisque l'on devrait trouver en quantité suffisante les espèces « présélectionnées avec les données du Plan Chlordécone ».

Ces éléments montrent que *M. faustinum* ressort plus qu'*E. perniger* ou que *A. innocous/scabra*. Cependant, deux facteurs encouragent à maintenir *E. perniger* en premier choix d'une espèce sentinelle complémentaire :

- L'expérience du 1er volet a montré la difficulté de constitution de lots homogènes en *M. faustinum* (poids et taille)
- Le choix d'un poisson en espèce sentinelle semble plus cohérent. En effet, les connaissances biologique de l'ichtyofaune sont mieux connues et moins complexe que celles de la carcinofaune (mue, migration génésique, etc...).

4.4. Analyses statistiques.

Des tests statistiques ont été effectués sur l'ensemble du jeu de données disponibles dans le cadre des 3 volets de cette étude. Le but recherché était de mettre en évidence pour la totalité ou certaines des espèces, principalement celles ciblées dans l'analyse précédente :

- une relation entre la concentration en chlordécone dans l'eau et/ou sédiment et la concentration en chlordécone dans la matière vivante.
- Une relation entre la teneur en matière grasse des échantillons et la concentration en chlordécone de l'échantillon.
- Une relation entre la localisation des stations (gradient altitudinale et zonation Nord/Sud) et la contamination.

Pour cela des tests statistiques, ANOVA, analyse de variance et ANCOVA, analyse de covariance ont été réalisées. Ces tests ont été réalisés sur la totalité du jeu de données et en fonction des espèces.

Les seuls tests statistiques montrant des résultats probants ont permis de mettre en évidence un « effet station », une contamination plus importante à l'aval des cours d'eau et un lien entre la concentration de la chlordécone dans l'eau et dans la matière vivante. Ce type de résultats ne nous intéressent pas puisque les stations ont effectivement été choisies en fonction de leur potentiel de contamination, qu'une contamination plus importante à l'aval des cours d'eau est en effet bien connu et qu'un lien entre la concentration dans l'eau et le biote était déjà visible lors du premier volet.

La réalisation d'une ANOVA sur la concentration de la chlordécone dans la matière vivante en fonction de l'espèce un effet espèce ressort. Cependant, ce test montre aussi que la variabilité des mesures n'est que faiblement expliquée par cet effet. Les effets « station », « situation » et « concentration en eau » prédomine sur l'espèce. Les espèces que ce test met en avant sont *Anguilla rostrata* et *Eleotris perniger*. Ces 2 espèces font partie de la guildes des carnivores, cependant aucun effet « guildes alimentaires » n'est visible.

Le plan d'échantillonnage, rend impossible ou très délicats toutes analyses statistiques. Il a, en effet, été conçu pour accroître les connaissances de la contamination sur l'ensemble du territoire martiniquais et non pour réaliser des tests statistiques. En effet, une multitude de station présentant des caractéristiques différentes vis-à-vis de la contamination ont été étudiés à partir

d'espèces différentes, à des instants différents. De plus le cortège des espèces étudiées n'est pas équitablement réparti ce qui rend délicat les études par espèce ou par niveaux trophiques.

Il pourrait toutefois être très pertinent d'approfondir ces questions en utilisant un ou des plans d'échantillonnage spécifiques. Cela permettrait notamment d'affiner le choix d'une espèce sentinelle et de construire un abaque teneur en matière grasse – concentration en chlordécone, de définir l'espèce montrant la meilleure relation entre la concentration en eau/sédiment et la concentration dans le biote, de définir plus précisément la constitution d'un lot homogène.

5. Conclusion

Le 3^{ème} volet de cette étude a permis d'approfondir la connaissance spatiale et les niveaux de contamination des cours d'eau martiniquais par la chlordécone. En effet, une majorité des cours d'eau permanents a maintenant été prospectée via les matrices eau, sédiments et biote. Seuls quelques affluents, de la Roxelane ou du Carbet, ou amont de cours d'eau, Grand Rivière par exemple, demandent à voir leur échantillonnage finaliser et/ou affiner. Contrairement aux attentes, eu égard à la localisation des stations, les résultats obtenus lors de ce volet montrent une contamination de la quasi-totalité des stations. De plus, plus de la moitié des lots de biote dépassent la norme en vigueur. Cependant, les valeurs sur les trois matrices étudiées sont nettement moins catastrophiques que celles présentées lors du 1^{er} volet de l'étude.

In fine, sur la centaine de stations étudiées pour la matrice eau seul un tiers n'affiche pas de contamination à la chlordécone. Elles se situent majoritairement sur la façade Caraïbes. 45% des stations dépassent quant à elles la norme en vigueur des 0.1µg/l. Sur les 75 stations ayant été échantillonnées pour la matière vivante seules 16 présentent des résultats admissibles vis-à-vis de la norme de 20 µg/kg de PF. Plus de la moitié de ces stations montre une contamination supérieure à 10 fois la norme.

Les éléments présentés dans ce rapport restent cependant très descriptifs. L'étendue géographique et les degrés de contamination sont bien sur maintenant connus sur les milieux aquatiques dulçaquicoles de Martinique. Mais l'explication des phénomènes influant sur la contamination, qu'ils soient saisonniers, liés à l'hydrologie, spécifiques à telle ou telle espèce, n'est pas aisée. En effet, la multiplicité des types de stations, notamment en ce qui concerne leur niveau de contamination, et d'espèces étudiées rendent tous traitements statistiques impossibles. Ainsi, pour mettre en exergue des relations plus précises des études plus ciblées doivent être mises en œuvre. Le plan d'échantillonnage (stations et espèces) devra être étudié spécifiquement pour chacune des réponses attendues. Ces éléments sont primordiaux notamment pour la définition d'une espèce sentinelle.

Il pourrait être judicieux de s'intéresser plus précisément au phénomène de bioaccumulation pour être capable de caractériser l'état des milieux faiblement contaminés à partir de la matière vivante, quand les résultats sur l'eau sont négatifs. Il en est de même pour l'étude du mode de préparation des échantillons qui devrait être approfondi en utilisant un jeu de données plus conséquent.