

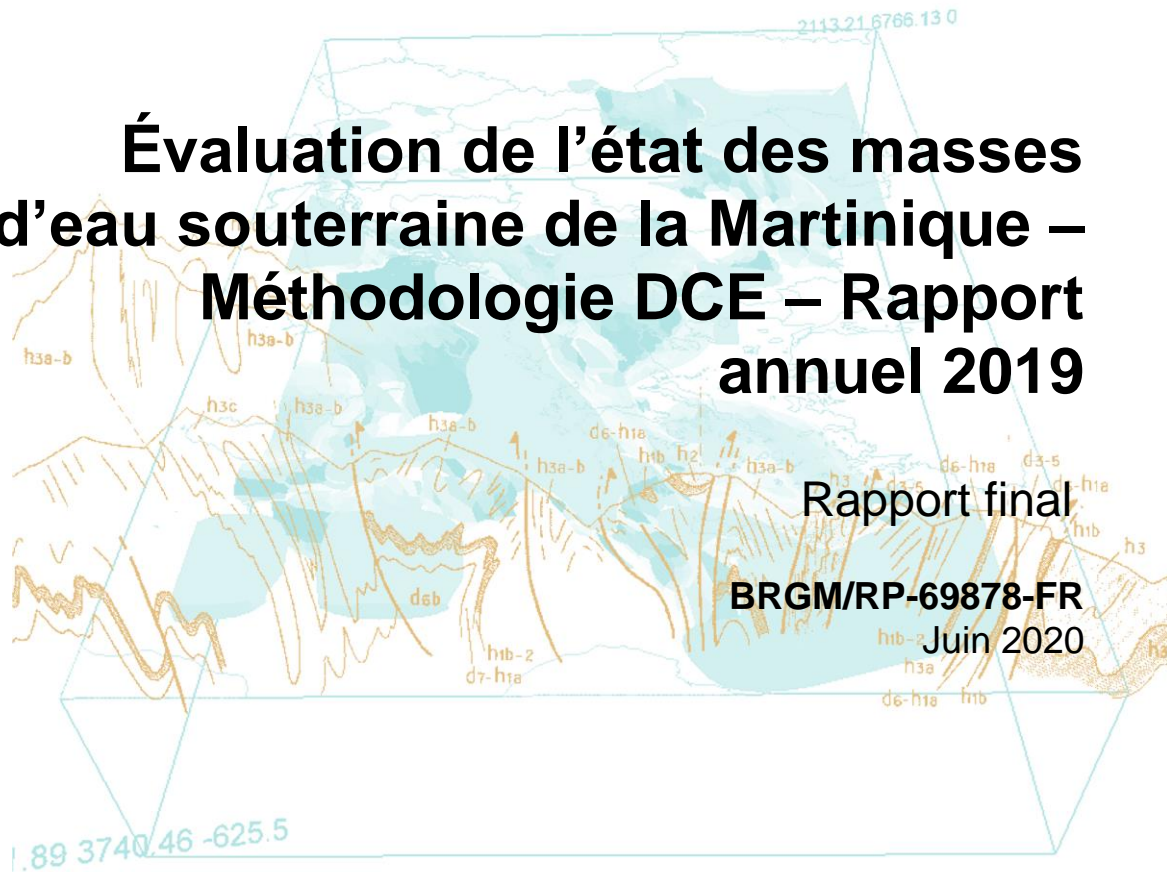


# Évaluation de l'état des masses d'eau souterraine de la Martinique – Méthodologie DCE – Rapport annuel 2019

Rapport final

BRGM/RP-69878-FR

Juin 2020



**OFB**  
OFFICE FRANÇAIS  
DE LA BIODIVERSITÉ



OFFICE DE L'EAU  
MARTINIQUE



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



# Évaluation de l'état des masses d'eau souterraine de la Martinique – Méthodologie DCE – Rapport annuel 2019

Rapport final

**BRGM/RP-69878-FR**  
Juin 2020

Étude réalisée dans le cadre de l'opération  
de Service public du BRGM AP19FDF005

**J. Perez, A.-L. Tailamé**

**Vérificateur :**

Nom : B. Mougin

Date : 12/05/2020



**Approbateur :**

Nom : B. Vittecoq

Date : 22/06/2020



Le système de management de la qualité et de l'environnement  
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001



**OFB**  
OFFICE FRANÇAIS  
DE LA BIODIVERSITÉ



**ode**  
OFFICE DE L'EAU  
MARTINIQUE



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Mots clés :** Réseaux de surveillance, Directive Cadre européenne sur l'Eau, État masse d'eau souterraine, Qualité, Eau souterraine, Physico-chimie, Eléments majeurs, Micropolluants minéraux, Micropolluants organiques, Produits phytosanitaires, Chlordécone, Datation des eaux, Martinique, DOM.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Perez J., Taïlamé A.-L.** (2020) – Evaluation de l'état des masses d'eau souterraine de la Martinique – Méthodologie DCE – Rapport annuel 2019. Rapport BRGM/RP-69878-FR, 87 p., 138 ill., 11 ann.

© BRGM, 2020. Ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## **Résumé**

*Depuis 2008, l'Office de l'Eau Martinique et le BRGM cofinancent un programme de surveillance des masses d'eau souterraine afin de répondre aux exigences de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE).*

*Un réseau de suivi quantitatif (29 stations) et un réseau de suivi qualitatif (21 stations) sont répartis sur l'ensemble de la Martinique afin d'appuyer les procédures de classification des 8 masses d'eau souterraine.*

*L'évaluation DCE révèle grâce à des analyses semestrielles que les masses d'eau souterraine Pelée-Ouest, Carbet, Vauclin-Pitault, Miocène et Trois-Ilets sont considérées en bon état qualitatif, tandis que les masses d'eau Pelée-Est, Jacob-Est et Jacob Centre sont déclassées en raison de la présence de produits phytosanitaires à des concentrations dépassant les valeurs seuils.*

*Toutes les masses d'eau souterraine de Martinique apparaissent classées comme étant en bon état quantitatif.*

*En parallèle, un suivi mensuel sur deux stations classées en état qualitatif médiocre à Basse Pointe permet d'améliorer la compréhension des transferts de polluants vers les eaux souterraines en milieu volcanique.*

## **Abstract**

*Since 2008, the Martinique Water Agency and the French Geological Survey (BRGM) are co-funding a groundwater monitoring program. The aim of this program is to follow the requirements of the European Water Framework Directive (WFD).*

*A quantitative and qualitative monitoring network (29 and 21 stations respectively) are located in Martinique to support classification procedures for the 8 groundwater bodies.*

*The WFD evaluation reveals that Pelée-Ouest, Carbet, Vauclin-Pitault, Miocène and Trois-Ilets groundwater's bodies present a good quality status. Whereas Pelée-Est, Jacob-Est and Jacob Centre are downgraded because of their phytosanitary concentrations that exceed quality threshold values.*

*Groundwater bodies in Martinique appear to be graded in good quantitative status.*

*Meanwhile, comprehension of pollutants transfers to volcanic island groundwaters is better constrained by the monthly monitoring on two stations in Basse-Pointe, which are classified as low quality level.*



## Synthèse

La Directive Cadre européenne sur l'Eau (Directive 2000/60/CE dite « DCE ») stipule que « *les États membres doivent veiller à ce que soient établis des programmes de surveillance de l'état des eaux afin de dresser un tableau cohérent et complet de l'état des eaux au sein de chaque district hydrographique* », et que « *dans le cas des eaux souterraines, les programmes portent sur la surveillance de l'état chimique et quantitatif* » (article 8 de la Directive 2000/CE/60).

L'Office De l'Eau (ODE), la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Martinique (DEAL) et le BRGM jusqu'en 2007 - puis l'ODE et le BRGM pour les années suivantes - cofinancent un programme de surveillance de la qualité des eaux souterraines de Martinique qui se traduit depuis 2008 par le suivi biennuel de 21 points au titre du contrôle de surveillance et de 12 points (parmi les 21 du réseau de suivi qualitatif) au titre du contrôle opérationnel. Depuis décembre 2008, il est complété par un suivi mensuel sur 2 autres points de surveillance.

La procédure d'évaluation de l'état DCE des masses d'eau souterraine, intégrant les tests de l'enquête appropriée, est précisée dans l'arrêté du 2 juillet 2012 portant modification de l'arrêté du 17 décembre 2008. Cette évaluation DCE porte à la fois sur l'état quantitatif et sur l'état qualitatif des masses d'eau souterraine.

L'appréciation de l'état quantitatif s'appuie sur l'interprétation des données issues du réseau piézométrique de Martinique qui compte 29 ouvrages depuis 2007.

L'évaluation de l'état qualitatif repose sur un cycle de 6 ans selon la DCE, cette nouvelle année d'acquisition de données permet donc de réaliser une expertise de 2014 à 2019. En complément, l'ensemble des données acquises depuis le début du suivi (période 2004-2019) a été étudié pour affiner le diagnostic.

À l'issue de cette expertise, la totalité des masses d'eau souterraine de Martinique apparaît classée comme étant en bon état quantitatif. Le niveau de confiance de l'évaluation est considéré comme moyen en raison du manque de connaissances sur les relations nappes-rivières, les prélèvements agricoles non répertoriés ou encore l'impact de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine sur les écosystèmes de surface.

D'un point de vue qualitatif, 5 masses d'eau souterraine sur 8 apparaissent classées en bon état. Il s'agit des masses d'eau Pelée-Ouest, Carbet, Vauclin-Pitault, Miocène et Trois-Ilets. Les masses d'eau souterraine Pelée-Est, Jacob-Est et Jacob Centre sont quant à elles classées en état médiocre en raison d'une contamination étendue aux pesticides (surfaces dégradées des masses d'eau souterraine supérieures à 20%).

Le niveau de confiance de cette évaluation de l'état qualitatif est considéré comme moyen en raison du manque de connaissance sur les critères « relations nappes-rivières », et « nappes-écosystèmes terrestres associés ».

De nouvelles molécules actives ont été analysées depuis quatre ans. La liste des paramètres analysés pour cette famille (molécules actives) diffère chaque année. En 2019, sept molécules ont dépassé le seuil de quantification : le bisphénol A, la caféine, le DEHP, les hydrocarbures dissous, le benzotriazole, le tolytriazole et le 4-nonylphénol ramifié. Au total, neuf molécules différentes ont été quantifiées dans la période 2014-2019, le méthylparaben et le propylparaben ayant été retirées de la liste depuis 2015.

La poursuite du suivi mensuel sur deux points de surveillance reste nécessaire comparativement au suivi semestriel (21 points) car il met en évidence de nouvelles informations sur les variations chimiques et temporelles des produits phytosanitaires et sur leur transfert vers les eaux souterraines. Les fluctuations de certains pesticides peuvent être totalement différentes d'une station à l'autre mais révèlent globalement une tendance à la diminution des concentrations depuis l'année 2011 à l'exception de certains pics durant l'année 2019. Il est probable que les cycles pluriannuels des nappes jouent un rôle important sur les concentrations en pesticides mesurées dans les eaux souterraines. La poursuite de l'acquisition de données sur le long terme est ainsi nécessaire.



## Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>15</b>
<b>2. Présentation des données disponibles pour l'évaluation de l'état des masses d'eau souterraine de Martinique.....</b>	<b>17</b>
2.1. INVENTAIRE DES DONNÉES « QUANTITÉ ».....	17
2.1.1. Les réseaux sur le bassin Martinique .....	17
2.1.2. Mise à disposition des données acquises.....	20
2.2. RECENSEMENT DES DONNÉES « QUALITÉ » .....	21
2.2.1. Fonctionnement des réseaux de contrôle .....	21
2.2.2. Surveillance semestrielle .....	23
2.2.3. Surveillance mensuelle.....	24
<b>3. Procédures d'évaluation de l'état des masses d'eau souterraine selon les exigences de la DCE .....</b>	<b>25</b>
3.1. PROCÉDURE GÉNÉRALE POUR L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE.....	25
3.2. ÉVALUATION DE L'ÉTAT QUANTITATIF .....	26
3.2.1. Définition du « bon état quantitatif » .....	26
3.2.2. Niveaux de confiance et période de référence.....	29
3.3. ÉVALUATION DE L'ÉTAT QUALITATIF.....	29
3.3.1. Définition du « bon état chimique ».....	29
3.3.2. Procédure générale .....	30
3.3.3. Valeurs seuils et normes de qualité .....	35
3.3.4. Limite de quantification.....	35
3.3.5. Niveau de confiance de l'évaluation et période de référence.....	35
<b>4. Évaluation de l'état quantitatif DCE des masses d'eau souterraine de la Martinique</b>	<b>37</b>
4.1. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS.....	37
4.2. ÉVALUATION DE L'ÉTAT QUANTITATIF DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE	39
4.2.1. Test : balance prélèvement / ressource .....	39
4.2.2. Test : eau de surface.....	41
4.2.3. Test : écosystèmes terrestres.....	41
4.2.4. Test : intrusion salée ou autre (commun avec l'état chimique).....	42
4.2.5. Etat quantitatif et niveau de confiance .....	42
<b>5. État qualitatif du réseau Martinique en 2019 .....</b>	<b>43</b>

5.1. LES ÉLÉMENTS PHYSICO-CHIMIQUES, MAJEURS ET TRACES DE L'ANNÉE 2019	43
5.1.1. Les paramètres physico-chimiques mesurés sur place.....	43
5.1.2. Les éléments majeurs .....	43
5.1.3. Les éléments traces .....	43
5.2. LES NITRATES .....	45
5.3. PRODUITS PHYTOSANITAIRES.....	46
5.4. NOUVELLES SUBSTANCES ACTIVES ANALYSÉES .....	49
<b>6. Principales observations sur la période 2004-2019 .....</b>	<b>53</b>
6.1. LES SUBTANCES INORGANIQUES .....	53
6.2. LES NITRATES .....	53
6.3. LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES .....	55
<b>7. Evaluation de l'état qualitatif DCE des masses d'eau souterraine sur un cycle de gestion 2014 - 2019 .....</b>	<b>57</b>
7.1. ÉTAPE 1 : ÉVALUATION DE L'ÉTAT CHIMIQUE .....	57
7.1.1. Masse d'eau Pelée-Est.....	57
7.1.2. Masse d'eau Pelée-Ouest .....	58
7.1.3. Masse d'eau Jacob-Est .....	58
7.1.4. Masse d'eau Carbet .....	60
7.1.5. Masse d'eau Jacob Centre .....	60
7.1.6. Masse d'eau Vauclin-Pitault .....	61
7.1.7. Masse d'eau Miocène.....	61
7.1.8. Masse d'eau Trois Ilets.....	62
7.1.9. Résumé.....	63
7.2. ÉTAPE 2 : ENQUÊTES APPROPRIÉES .....	63
7.2.1. Test des 20% de la surface dégradée .....	64
7.2.2. Test : eaux de surface .....	66
7.2.3. Test : écosystèmes terrestres.....	66
7.2.4. Test : intrusion salée ou autre (commun avec l'état quantitatif) .....	66
7.2.5. Test : zones protégées AEP .....	66
<b>8. Suivi mensuel de la contamination par les produits phytosanitaires sur deux piézomètres .....</b>	<b>69</b>
8.1. PRÉSENTATION DES DEUX POINTS DE SURVEILLANCE CONCERNÉS PAR LE SUIVI MENSUEL .....	69
8.1.1. Contexte géologique et hydrogéologique.....	69
8.1.2. Pressions agricoles et contamination .....	70

8.2. CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX ET VARIABILITÉ TEMPORELLE .....	72
8.3. ÉVOLUTION MENSUELLE DES CONCENTRATIONS EN PESTICIDES .....	74
8.3.1. Apport de la fréquence mensuelle .....	74
8.3.2. Fluctuations mensuelles par molécule .....	75
8.4. RELATION PIÉZOMETRIE-CONCENTRATIONS EN PESTICIDES .....	80
8.5. ÂGE DES EAUX SOUTERRAINES ET CONTAMINATION PAR LES PESTICIDES	81
8.6. CONCLUSIONS SUR LE SUIVI MENSUEL DES DEUX STATIONS DE BASSE POINTE 82	
<b>9. Conclusion.....</b>	<b>85</b>
<b>10. Bibliographie .....</b>	<b>87</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 : Stations en service au 31/12/2019 constituant le réseau piézométrique unitaire « 0800000015 - FRJSOP - Surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines du bassin Martinique » du BRGM Martinique .....	18
Illustration 2 : Carte de répartition des stations du réseau piézométrique de Martinique (état à fin décembre 2019).....	19
Illustration 3 : Carte comparative des anciennes et des nouvelles masses d'eau souterraines .	20
Illustration 4 : Carte de localisation et liste des points de surveillance du réseau « qualité » DCE en 2019 : « 0800000016 - FRJSOS - Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Martinique » et « 0800000017 - FRJSOO - Contrôles opérationnels de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Martinique » (Cs = contrôle de surveillance, Co = contrôle opérationnel) .....	23
Illustration 5 : Tests de classification pour l'évaluation de l'état quantitatif et qualitatif DCE .....	25
Illustration 6 : Schéma de réalisation du test « balance prélèvement/ressource » (Guide d'évaluation de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine, Croiset et al. 2018).....	27
Illustration 7 : Définition du bon état chimique des masses d'eau souterraine – Extrait de la Directive Cadre européenne sur l'Eau 2000/60/CE, annexe V.2.3.2 .....	30
Illustration 8 : Procédure générale pour l'évaluation du bon état chimique d'une masse d'eau souterraine et application de l'enquête appropriée au titre de l'évaluation de l'état chimique (GWD : Groundwater Directive).....	31
Illustration 9 : Test « qualité générale » permettant d'évaluer la proportion de la masse d'eau en bon état.....	33
Illustration 10 : Types de fluctuations piézométriques rencontrées en Martinique (les échelles de temps des 4 graphiques sont identiques).....	38
Illustration 11 : Prélèvements annuels d'eau souterraine recensés par la BNPE en 2017 .....	40
Illustration 12 : Evaluation du ratio prélèvement/recharge (I : infiltration) .....	41
Illustration 13 : Tableau récapitulatif des zones à risque de fond géochimique élevé (Arnaud et al., 2013).....	44
Illustration 14 : Concentrations en nitrates en saison sèche (SS) et en saison des pluies (SP) 2019 .....	45
Illustration 15 : Produits phytosanitaires quantifiés en saison sèche 2019 .....	47
Illustration 16 : Produits phytosanitaires quantifiés en saison humide 2019.....	48
Illustration 17 : Substances actives quantifiés en saison sèche 2019 .....	50
Illustration 18 : Substances actives quantifiés en saison humide 2019 .....	51
Illustration 19 : Evolution des nitrates pour les 5 stations les plus impactées du réseau .....	54
Illustration 20 : Relations entre piézométrie et concentration en nitrates au point Prêcheur - Rivière du Prêcheur .....	55
Illustration 21 : Tableau récapitulatif des nouvelles valeurs seuils proposées (Arnaud et al., 2013) .....	59
Illustration 22 : Tableau récapitulatif de l'état du réseau qualitatif par station sur la période 2014-2019.....	63
Illustration 23 : Tableau des pourcentages des superficies concernées par masse d'eau souterraine et carte de risque de contamination des eaux souterraines par les intrants agricoles correspondante .....	65

Illustration 24 : Résultats de l'enquête appropriée pour l'évaluation de l'état qualitatif des 8 masses d'eau souterraine de la Martinique .....	67
Illustration 25 : Carte de l'état qualitatif DCE des points d'eau et des masses d'eau souterraine dans le cadre de l'évaluation 2014 – 2019.....	68
Illustration 26 : Chroniques piézométriques des forages Chalvet (en bleu) et Rivière Falaise (en rouge) au pas de temps journalier (janvier 2005 - janvier 2020).....	70
Illustration 27 : Délimitation approximative des bassins d'alimentation des forages Rivière Falaise et Chalvet (les zones hachurées correspondent aux principales zones de recharge) (Arnaud et al., 2013).....	71
Illustration 28 : Coupe géophysique du bassin versant de Chalvet .....	71
Illustration 29 : Concentration moyenne des molécules détectées dans les eaux souterraines à Chalvet et Rivière Falaise depuis le début du suivi mensuel en 2005 .....	72
Illustration 30 : Évolution de la conductivité à Chalvet et des concentrations en sodium et chlorures (à gauche) et de la piézométrie (à droite).....	73
Illustration 31 : Fluctuations des concentrations en nitrates et des niveaux piézométriques au droit des forages de Chalvet et de Rivière Falaise.....	74
Illustration 32 : Évolution des concentrations en beta HCH à Chalvet depuis décembre 2005 et des concentrations en chlordécone-5b-hydro à Rivière Falaise depuis avril 2009.....	75
Illustration 33 : Fluctuations mensuelles mesurées sur Basse Pointe - Chalvet pour différents pesticides (les valeurs inférieures à la limite de quantification [LQ] sont représentées comme égales à LQ/2) .....	76
Illustration 34 : Fluctuations mensuelles mesurées sur Basse Pointe - Chalvet pour la chlordécone et la chlordécone 5b-hydro (les valeurs inférieures à la limite de quantification sont représentées comme égales à LQ/2) .....	77
Illustration 35 : Fluctuations mensuelles mesurées sur Basse Pointe - Rivière Falaise pour différents pesticides (les valeurs inférieures à la limite de quantification sont représentées comme égales à LQ/2) .....	78
Illustration 36 : Fluctuations mensuelles mesurées sur Chalvet et Rivière Falaise pour la chlordécone 5 b-hydro et le bêta HCH (les valeurs inférieures à la limite de quantification sont représentées comme égales à LQ/2) .....	79
Illustration 37 : Comparaison des fluctuations mensuelles sur Chalvet et Rivière Falaise pour le métolachlore (les valeurs inférieures à la limite de quantification sont représentées comme égales à LQ/2) .....	79
Illustration 38 : Fluctuations des concentrations en pesticides et du niveau piézométrique au droit des forages de Chalvet et Rivière Falaise.....	81

## Liste des annexes

Annexe 1 Liste des paramètres analysés et Laboratoires respectifs .....	91
Annexe 2 Produits phytosanitaires détectés sur le réseau qualitatif de Martinique .....	97
Annexe 3 Résultats d'analyses en molécules actives du réseau qualitatif de Martinique sur la période 2015-2019.....	101
Annexe 4 Résultats d'analyses en produits phytosanitaires du réseau qualitatif de Martinique sur la période 2014-2019.....	105
Annexe 5 Moyennes des moyennes annuelles (Mma) en produits phytosanitaires pour la période de 2014 à 2019 .....	109
Annexe 6 Sommes annuelles en produits phytosanitaires pour la période de 2014 à 2019 ...	113
Annexe 7 Fluctuations mensuelles des produits phytosanitaires sur la station de Basse Pointe - Chalvet.....	117
Annexe 8 Fluctuations mensuelles des produits phytosanitaires sur la station de Basse Pointe - Rivière Falaise .....	121
Annexe 9 Comparaison des fluctuations mensuelles des produits phytosanitaires sur les stations de Basse Pointe à Chalvet et Rivière Falaise .....	125
Annexe 10 Relation entre piézométrie et concentration en produits phytosanitaires sur la station de Basse Pointe - Chalvet .....	129
Annexe 11 Relation entre piézométrie et concentration en produits phytosanitaires sur la station de Basse Pointe - Rivière Falaise .....	132

# 1. Introduction

La Directive Cadre européenne sur l'Eau (Directive 2000/60/CE dite « DCE ») stipule que « *les États membres doivent veiller à ce que soient établis des programmes de surveillance de l'état des eaux afin de dresser un tableau cohérent et complet de l'état des eaux au sein de chaque district hydrographique* », et que « *dans le cas des eaux souterraines, les programmes portent sur la surveillance de l'état chimique et quantitatif* » (article 8 de la Directive 2000/CE/60).

L'Office De l'Eau Martinique (ODE), la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Martinique (DEAL) et le BRGM jusqu'en 2007 - puis l'ODE et le BRGM pour les années suivantes - cofinancent un programme de surveillance de la qualité des eaux souterraines de Martinique qui se traduit depuis 2008 par le suivi biennuel de 21 points au titre du contrôle de surveillance et de 12 points (parmi les 21 du réseau de suivi) au titre du contrôle opérationnel. Il est complété depuis 2008 par un suivi mensuel sur 2 autres points de surveillance.

Les objectifs assignés aux masses d'eau souterraine sont rédigés par le Comité de Bassin dans le cadre des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE).

La DCE établissant des cycles de travail de 6 ans, les SDAGE sont également révisés à cette fréquence. La première étape de la mise en œuvre de la DCE a consisté en l'élaboration d'un état des lieux du bassin de Martinique réalisé en 2004 puis mis à jour une première fois en 2013 et remis à jour une seconde fois en 2019. L'objectif principal est l'atteinte du bon état des milieux aquatiques.

Le présent rapport s'intéresse à l'évaluation de l'état des masses d'eau souterraine de 2004 à 2019, qui prend appui sur les données issues du réseau piézométrique de Martinique (réseau de surveillance de l'état quantitatif) ainsi que sur celles acquises dans le cadre du réseau de surveillance de l'état qualitatif des masses d'eau souterraine.

Dans un premier temps, une présentation de ces données est réalisée et la procédure d'évaluation de l'état des masses d'eau souterraine, comprenant les tests de l'enquête appropriée (lorsque les valeurs seuils sont dépassées), est détaillée. Après évaluation de l'état quantitatif, l'état qualitatif est étudié en trois temps :

- état des stations selon les critères de la DCE, au cours de la dernière année d'acquisition en saison sèche et en saison des pluies 2019 ;
- analyse des principaux résultats depuis le début du suivi qualité, soit 16 ans d'acquisition (2004 – 2019) ;
- réalisation de l'évaluation complète de l'état qualitatif DCE des masses d'eau souterraine sur le dernier cycle de 6 ans (2014 – 2019).

Enfin, le dernier chapitre de ce rapport (chapitre 8) présente une mise à jour des résultats du suivi mensuel réalisé sur les deux points de surveillance de la commune de Basse Pointe, qui présentent de fortes contaminations en produits phytosanitaires.





## 2. Présentation des données disponibles pour l'évaluation de l'état des masses d'eau souterraine de Martinique

### 2.1. INVENTAIRE DES DONNÉES « QUANTITÉ »

#### 2.1.1. Les réseaux sur le bassin Martinique

Les réseaux sous maîtrise d'ouvrage BRGM font partie du « réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines de la France » mis en place par la Direction de l'Eau du Ministère en charge de l'environnement pour répondre aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau (Directive 2000/60/CE). Le BRGM en tant qu'opérateur national, dans le cadre d'une convention de partenariat avec l'AFB (Agence Française pour la Biodiversité), assure la gestion des points de surveillance dont il a la charge.

Au 31 décembre 2019, 29 stations étaient suivies dans ce cadre par le BRGM sur le bassin Martinique. L'ensemble de ces points est déclaré sous ADES (<https://ades.eaufrance.fr/> - Portail national d'accès aux données sur les eaux souterraines) dans le méta-réseau de bassin référencé sous le nom « 0800000015 - FRJSOP - Surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines du bassin Martinique ».

Ces points de surveillance sont tous gérés au sein d'un unique réseau unitaire, celui de la Direction Régionale du BRGM en Martinique (réseau référencé « 0800000001 - RDESOUPMAR - Réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines de la région Martinique (MO BRGM) »).

Le réseau piézométrique national a ainsi pour fonction d'acquérir des données piézométriques et hydrométriques (lorsque les débits mesurés ont une représentativité hydrogéologique – exemple : en milieu karstique) en vue de suivre l'évolution du niveau des nappes et les tendances d'évolution des ressources en eau souterraine. Il doit permettre de traduire l'état quantitatif global de cette ressource.

En Martinique, seuls des niveaux piézométriques sont enregistrés au sein des réseaux quantitatifs.

Le réseau piézométrique de Martinique a été placé en 2002 sous maîtrise d'ouvrage BRGM au titre de sa mission de service public sur les eaux souterraines. L'objectif est de développer, d'optimiser, de moderniser et ainsi de valoriser les connaissances et les observations quantitatives effectuées sur la ressource patrimoniale en eau souterraine de Martinique, comme le préconisent le Ministère en charge de l'Environnement et le SDAGE de Martinique.

De 2003 à 2007, les actions entraient dans le cadre du programme national des « réseaux piézométriques » sous conventions annuelles Ministère en charge de l'Environnement - BRGM. Depuis 2008, des conventions partenariales annuelles lient l'AFB et le BRGM. En 2019, le réseau quantitatif est composé de 29 stations de suivi réparties sur les 8 masses d'eau souterraine de Martinique (Illustration 1 et Illustration 2).

Masse d'eau	N° BSS	Identifiant	Commune	Lieu-dit
Pelée - Est	1168ZZ0037	BSS002NMMZ	Morne Rouge	Desgrottes
	1166ZZ0026	BSS002NMGF	Basse Pointe	Chalvet
	1168ZZ0054	BSS002NMNS	Basse Pointe	Rivière Falaise
Pelée - Ouest	1167ZZ0024	BSS002NMJR	Prêcheur	Rivière du Prêcheur
	1167ZZ0023	BSS002NMJQ	Saint Pierre	Rivière Blanche
	1167ZZ0045	BSS002NMKN	Saint Pierre	CDST
Jacob - Est	1169ZZ0084	BSS002NMUW	Lorrain	Fond Brulé
	1169ZZ0184	BSS002NMYZ	Marigot	Anse Charpentier 2
	1174ZZ0088	BSS002NNQY	Gros Morne	La Borelli
	1175ZZ0154	BSS002NNZL	Trinité	Le Galion
Carbet	1173ZZ0082	BSS002NNJS	Bellefontaine	Fond Laillet
	1177ZZ0177	BSS002NPJJ	Schoelcher	Fond Lahaye
	1177ZZ0173	BSS002NPJE	Case Pilote	Maniba
	1177ZZ0165	BSS002NPHW	Schoelcher	Case Navire
Jacob - Centre	1179ZZ0157	BSS002NTGH	Ducos	Bois Rouge
	1179ZZ0039	BSS002NTCT	Lamentin	Habitation Ressource
	1179ZZ0158	BSS002NTGJ	Lamentin	Sarrault
Vauclin -Pitault	1179ZZ0299	BSS002NTLX	François	Grand Fond
	1179ZZ0300	BSS002NTLY	Robert	Pontalery
	1183ZZ0026	BSS002NUHD	Vauclin	Puyferrat
	1186ZZ0118	BSS002NUWW	Marin	Grand Fond
	1186ZZ0119	BSS002NUWX	Marin	Cap Macré
Miocène	1183ZZ0024	BSS002NUHB	Rivière Pilote	La Mauny
	1183ZZ0052	BSS002NUJE	Rivière Pilote	Fougainville
	1185ZZ0120	BSS002NURN	Sainte Luce	Stade communal
	1181ZZ0132	BSS002NTYT	Trois Ilets	Vatable
Trois Ilets	1181ZZ0131	BSS002NTYS	Anses d'Arlet	Grande Anse
	1184ZZ0001	BSS002NUKF	Diamant	Habitation Dizac (Forage)
	1184ZZ0028	BSS002NULG	Diamant	Habitation Dizac (Puits)

Illustration 1 : Stations en service au 31/12/2019 constituant le réseau piézométrique unitaire « 0800000015 - FRJSOP - Surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines du bassin Martinique » du BRGM Martinique

BSS : Banque de données du sous-sol du BRGM.

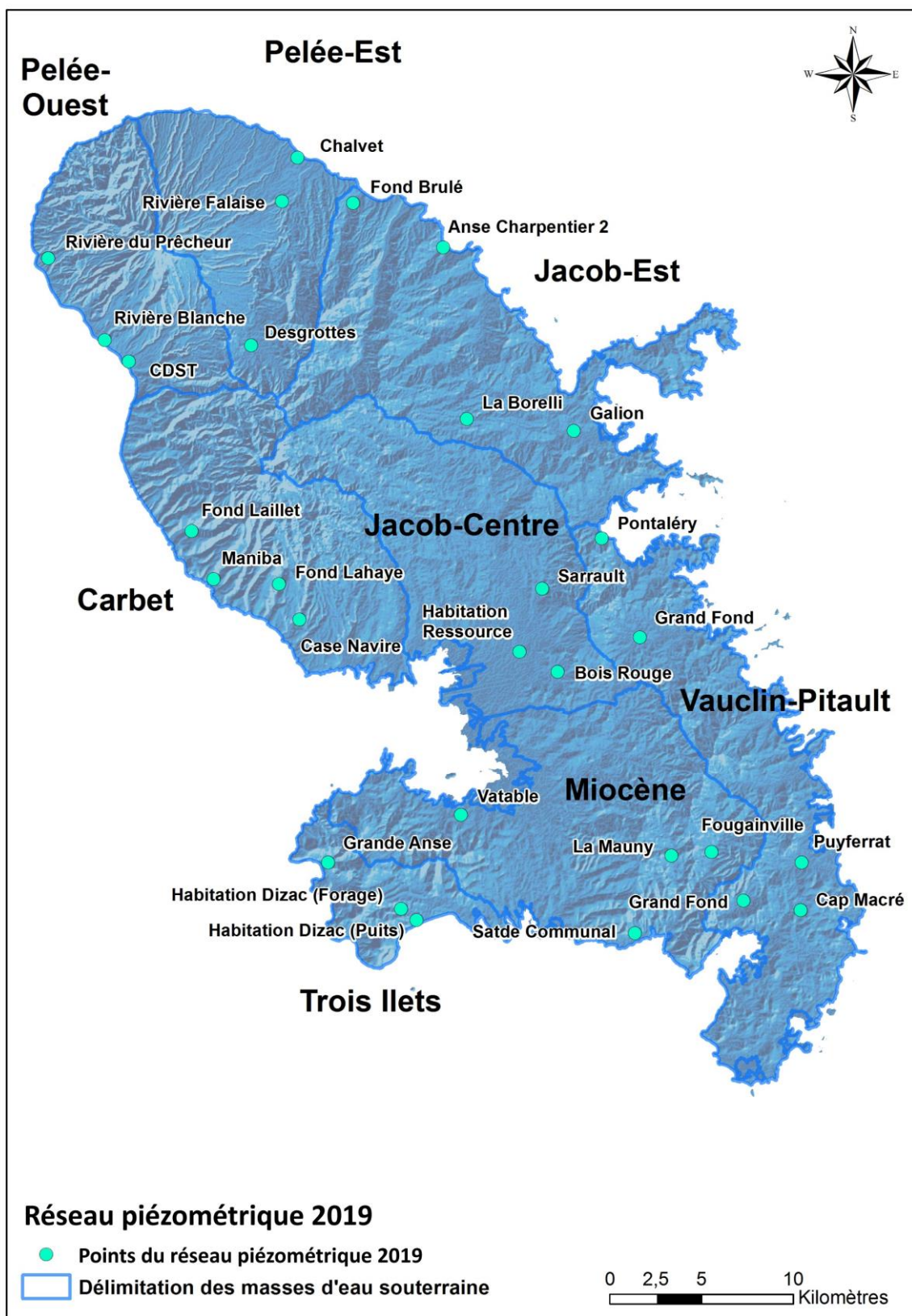


Illustration 2 : Carte de répartition des stations du réseau piézométrique de Martinique (état à fin décembre 2019)

Notons que ce rapport reprend certaines données utilisant les anciennes masses d'eau souterraines, valables pour la période 2003-2015. De nouvelles masses d'eau ont été définies depuis 2016 dans le rapport BRGM/RP-66466-FR. La carte comprenant ces deux délimitations est présentée en Illustration 3.

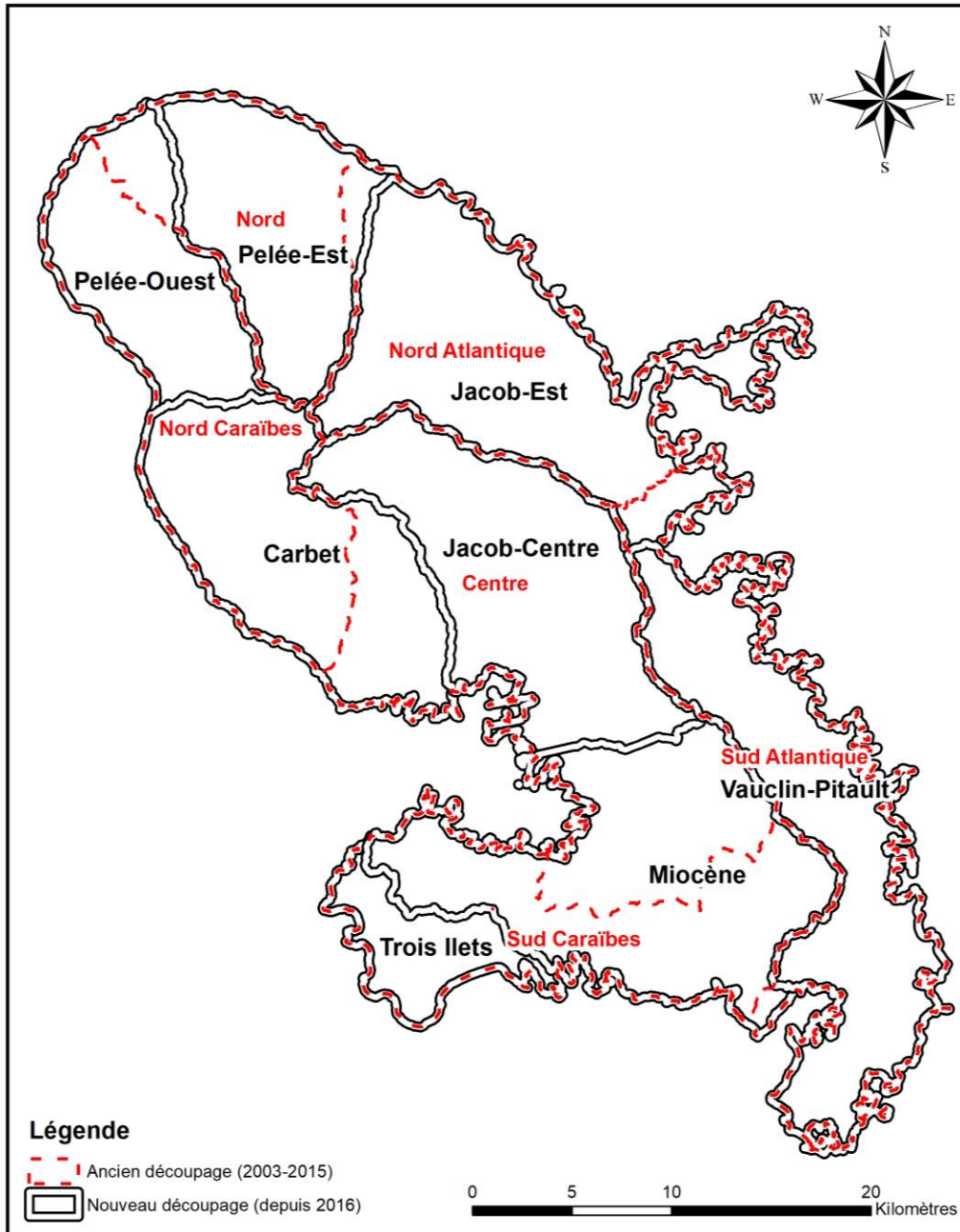


Illustration 3 : Carte comparative des anciennes et des nouvelles masses d'eau souterraines

### 2.1.2. Mise à disposition des données acquises

Les données « quantité » collectées et validées sont mises à la disposition du public *via* le portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines – ADES (<https://ades.eaufrance.fr/>). Ces données correspondent à des chroniques compilant les côtes piézométriques journalières mesurées

sur les stations du réseau. L'enregistrement sur site est effectué au pas de temps horaire et il a débuté entre 2004 et 2008 ; la plupart des piézomètres disposent donc de données sur une quinzaine d'années.

## 2.2. RECENSEMENT DES DONNÉES « QUALITÉ »

### 2.2.1. Fonctionnement des réseaux de contrôle

Suite à la publication de la DCE, la mise en place des réseaux de surveillance devait se faire avant le 22 décembre 2006. En Martinique, la DIREN (Direction régionale de l'Environnement) s'est chargée de leur mise en place au niveau local, en fonction des prescriptions de la DCE reportées dans les guides nationaux et européens.

Elle a ensuite confié au BRGM la réalisation d'une étude visant à faire évoluer le réseau de suivi patrimonial de la qualité des eaux souterraines démarré en 2004. Les résultats de cette étude, finalisée fin 2006, sont présentés dans le rapport « Définition des réseaux de suivi de l'état quantitatif et du contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique » (Vittecoq, 2006). Le réseau de contrôle de surveillance alors défini était constitué de 18 points : 15 forages ou piézomètres et 3 sources.

Des contrôles opérationnels doivent également être effectués sur « *les masses d'eau souterraine recensées comme présentant un risque* » (de non-atteinte du bon état à l'horizon 2015, Cf. article 4 de la Directive 2000/60/CE) afin « *d'établir [leur] état chimique* » ainsi que « *d'établir la présence de toute tendance à la hausse à long terme de la concentration d'un quelconque polluant suite à l'activité anthropogénique* » (Directive 2000/60/CE, Annexe V §2.4.3).

Le contrôle de surveillance réalisé en 2007 et 2008 a révélé la contamination d'un certain nombre de points au-delà des seuils fixés par la DCE. Le suivi des sites contaminés faisant l'objet du contrôle opérationnel, les sites concernés ont désormais une double vocation de « contrôle de surveillance » et de « contrôle opérationnel ». Ces sites constituent, avec deux autres points (Rivière Falaise – Basse Pointe BSS002NMNS et Vert Pré – Robert BSS002NNXP) définis en 2007, le réseau de contrôle opérationnel 2008, qui est destiné à être maintenu jusqu'au retour du bon état chimique DCE pour les masses d'eau concernées.

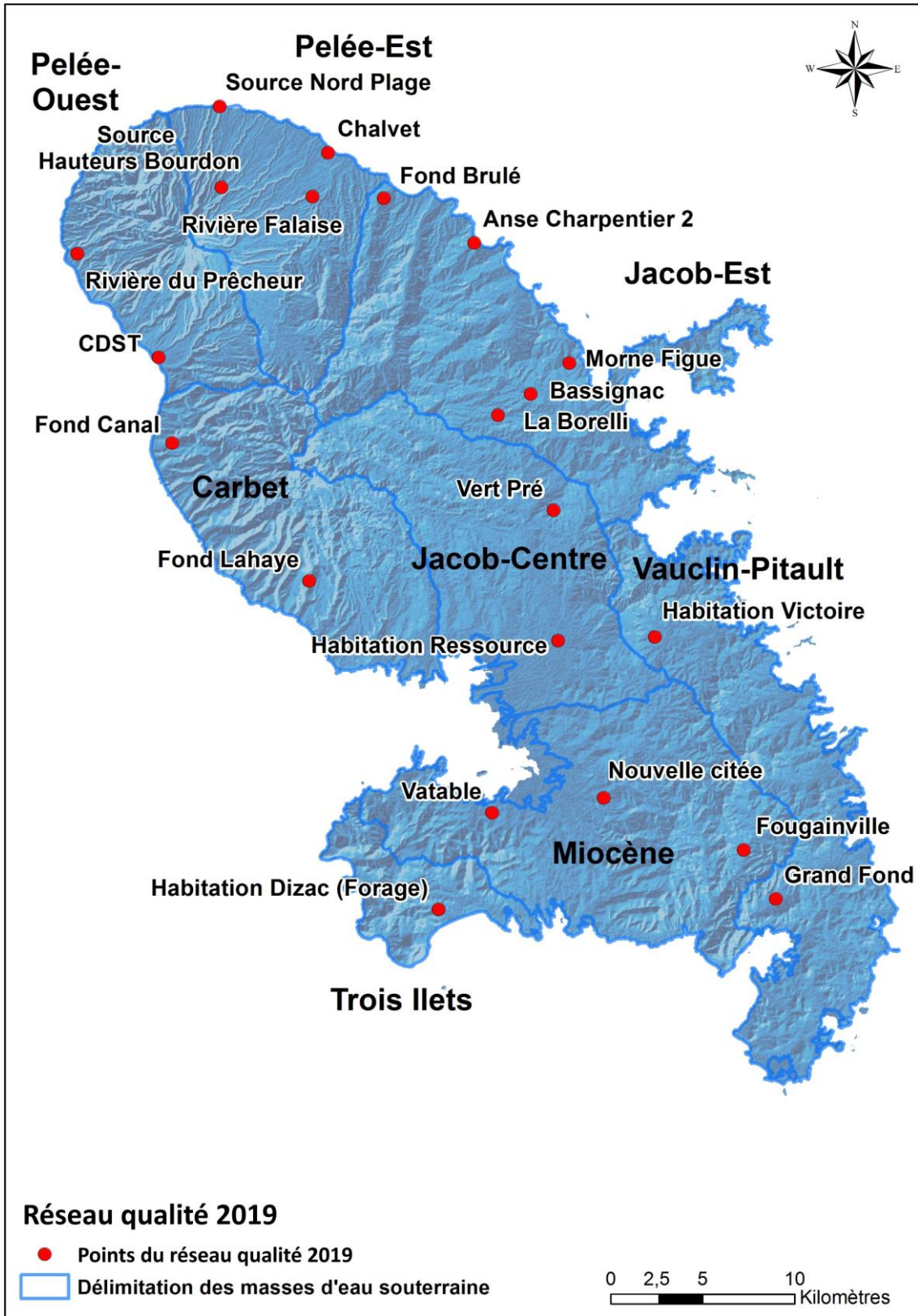
Le point de suivi de Trinité – Bassignac (1175ZZ0190/BF1 ou BSS002NPAY) a été ajouté en 2015 au réseau en tant que contrôle opérationnel suite à l'étude Chlor-eau-sol<sup>1</sup> menée sur le bassin versant du Galion.

L'illustration 4 précise les caractéristiques géographiques et typologiques des 21 stations du réseau de contrôle de la qualité des eaux souterraines de Martinique, suivies durant l'année 2019.

---

<sup>1</sup> CHLOR-EAU-SOL : caractérisation de la contamination par la chlordécone des eaux et des sols des bassins versants pilotes guadeloupéen et martiniquais (rapport BRGM/RP-64142-FR).





Masse d'eau souterraine	Indice BSS	Identifiant	Commune	Lieu dit	Typologie	Réseau	Méthode de prélèvement
Pelée - Est	1166ZZ0026	BSS002NMGF	Basse Pointe	Chalvet	Piézomètre BRGM	Cs + Co	pompe
	1166ZZ0020	BSS002NMFFZ	Basse Pointe	Hauteurs Bourdon	Source	Cs + Co	Source
	1166ZZ0023	BSS002NMGC	Macouba	Nord Plage	Source	Cs + Co	Source
	1168ZZ0054	BSS002NMNS	Basse Pointe	Rivière Falaise	Piézomètre BRGM	Cs + Co	pompe
Pelée - Ouest	1167ZZ0024	BSS002NMJR	Prêcheur	Rivière du Prêcheur	Piézomètre BRGM	Cs	bailer
	1167ZZ0045	BSS002NMKN	Saint Pierre	CDST	Piézomètre BRGM	Cs	pompe
Jacob - Est	1169ZZ0184	BSS002NMYZ	Marigot	Anse Charpentier 2	Piézomètre BRGM	Cs + Co	pompe
	1169ZZ0084	BSS002NMUW	Lorrain	Fond Brulé	Piézomètre BRGM	Cs + Co	pompe
	1174ZZ0088	BSS002NNQY	Gros Morne	La Borelli	Piézomètre BRGM	Cs + Co	pompe
	1175ZZ0190	BSS002NPAY	Trinité	Bassignac	Piézomètre BRGM	Cs + Co	pompe
	1175ZZ0153	BSS002NNZK	Trinité	Morne Figue	Source	Cs + Co	Source
Carbet	1172ZZ0063	BSS002NNFE	Carbet	Fond Canal	Forage SCCCNO	Cs	bailer
	1177ZZ0177	BSS002NPJJ	Schoelcher	Fond Lahaye	Piézomètre BRGM	Cs	pompe
Jacob - Centre	1175ZZ0106	BSS002NNXP	Robert	Vert Pré	Forage industriel	Cs + Co	bailer
	1179ZZ0070	BSS002NTCT	Lamentin	Habitation Ressource	Forage CACEM	Cs + Co	pompe
Vauclin - Pitault	1179ZZ0228	BSS002NTJT	François	Habitation Victoire	Forage agricole	Cs	pompe
	1186ZZ0118	BSS002NUWW	Marin	Grand Fond	Forage agricole	Cs	pompe
Miocène	1181ZZ0132	BSS002NTYT	Trois Ilets	Vatable	Piézomètre BRGM	Cs	bailer
	1183ZZ0052	BSS002NUJE	Rivière Pilote	Fougainville	Piézomètre BRGM	Cs	pompe
	1182ZZ0160	BSS002NUFM	Rivière Salée	Nouvelle Cité	Forage DDAF	Cs + Co	pompe
Trois - Ilets	1184ZZ0001	BSS002NUKF	Diamant	Habitation Dizac	Piézomètre BRGM	Cs	pompe

Illustration 4 : Carte de localisation et liste des points de surveillance du réseau « qualité » DCE en 2019 : « 0800000016 - FRJSOS - Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Martinique » et « 0800000017 - FRJSOO - Contrôles opérationnels de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Martinique » (Cs = contrôle de surveillance, Co = contrôle opérationnel)

## 2.2.2. Surveillance semestrielle

Le programme du contrôle de surveillance des eaux souterraines en Martinique est basé sur deux campagnes de prélèvements :

- une première en avril pour caractériser des conditions hydrogéologiques de basses eaux (fin de la saison sèche) ;
- une seconde en novembre pour caractériser des conditions hydrogéologiques de hautes eaux (fin de la saison des pluies).

Le BRGM Martinique s'appuie principalement sur les recommandations techniques du guide AQUAREF relatif à l'échantillonnage en eau souterraine disponible sur le site Internet [www.aquaref.fr](http://www.aquaref.fr). Ce guide s'appuie notamment sur les exigences des documents normatifs suivants :

- la norme AFNOR NF EN ISO 5667-3 « Qualité de l'eau – Echantillonnage - Partie 3 : Lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau » (juin 2004) ;
- les guides AFNOR FD T 90-523-3 « Qualité de l'Eau – Guide de prélèvement pour le suivi de qualité des eaux dans l'environnement – Partie 3 : Prélèvement d'eau souterraine » (janvier 2009) et FD X31-615 « Qualité du sol – Méthode de détection et de caractérisation des pollutions – Prélèvements et échantillonnage des eaux souterraines dans un forage » (décembre 2000).

Les analyses sont effectuées, en fonction des capacités d'accréditation et des plus faibles limites de quantification, par la Direction des Laboratoires (LAB) du BRGM à Orléans ou par le Laboratoire départemental d'analyses de la Drôme à Valence (LDA26), selon les normes NF EN ISO/CEI 17025 : 2005 et le document COFRAC LAB REF 02, référence des laboratoires et de l'ISO 9001-2015 et ISO 14001-2015. L'ensemble des paramètres analysés en 2019 est listé en Annexe 1.

Le BRGM est, par ailleurs, agréé par le Ministère de la Transition écologique et solidaire pour certaines analyses d'eaux (la liste des agréments est disponible sur le site <http://www.labeau.ecologie.gouv.fr>).

La portée d'accréditation (n°1-0251) mentionnant pour tous les champs d'application cités ci-dessus, les éléments spécifiques pour lesquels le laboratoire du BRGM est accrédité sont disponibles sur le site du COFRAC ([www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)).

### 2.2.3. Surveillance mensuelle

En décembre 2008, en concertation et collaboration avec l'ODE, il a été décidé de compléter la surveillance semestrielle par un suivi mensuel sur 2 stations du réseau. Ce suivi a débuté sur la source de Morne Figue à Trinité (BSS002NNZK) et sur le piézomètre de Chalvet à Basse Pointe (BSS002NMGF). Conformément aux conclusions du rapport annuel 2010 (Arnaud et *al.*, 2011), le suivi mensuel de la source de Morne Figue a été interrompu en février 2011. En accord avec l'ODE, le suivi mensuel a été transféré sur le piézomètre de Basse Pointe - Rivière Falaise (BSS002NMNS) à partir d'avril 2011.

L'objectif principal de ce suivi mensuel est de disposer pour 2 points, de 12 analyses par an afin d'évaluer la représentativité des 2 campagnes d'analyses semestrielles par rapport à d'éventuelles fluctuations chimiques observées au cours de l'année. L'autre objectif poursuivi est d'améliorer la compréhension du transfert des produits phytosanitaires vers les eaux souterraines de Martinique.

Une présentation des résultats de ce suivi mensuel est faite au chapitre 8.

Les résultats d'analyses acquis dans le cadre du réseau qualité DCE ont été bancarisés dans ADES : <https://ades.eaufrance.fr/>.



### 3. Procédures d'évaluation de l'état des masses d'eau souterraine selon les exigences de la DCE

#### 3.1. PROCÉDURE GÉNÉRALE POUR L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE

L'évaluation du bon état des masses d'eau souterraine consiste en la réalisation d'un certain nombre de tests. Seuls les tests « pertinents » - c'est-à-dire correspondant à un risque identifié - doivent être menés. Les tests sont indépendants, il n'y a pas d'ordre en ce qui concerne leur réalisation.

L'illustration 5, extraite du guide européen, rassemble les différents tests pour l'estimation de l'état qualitatif et quantitatif. A l'issue de chacun d'eux, l'état de la masse d'eau souterraine est considéré comme « bon » ou « médiocre » pour le test en question. Si pour au moins un test la masse d'eau est en état médiocre alors l'ensemble de la masse d'eau est classé en état médiocre.

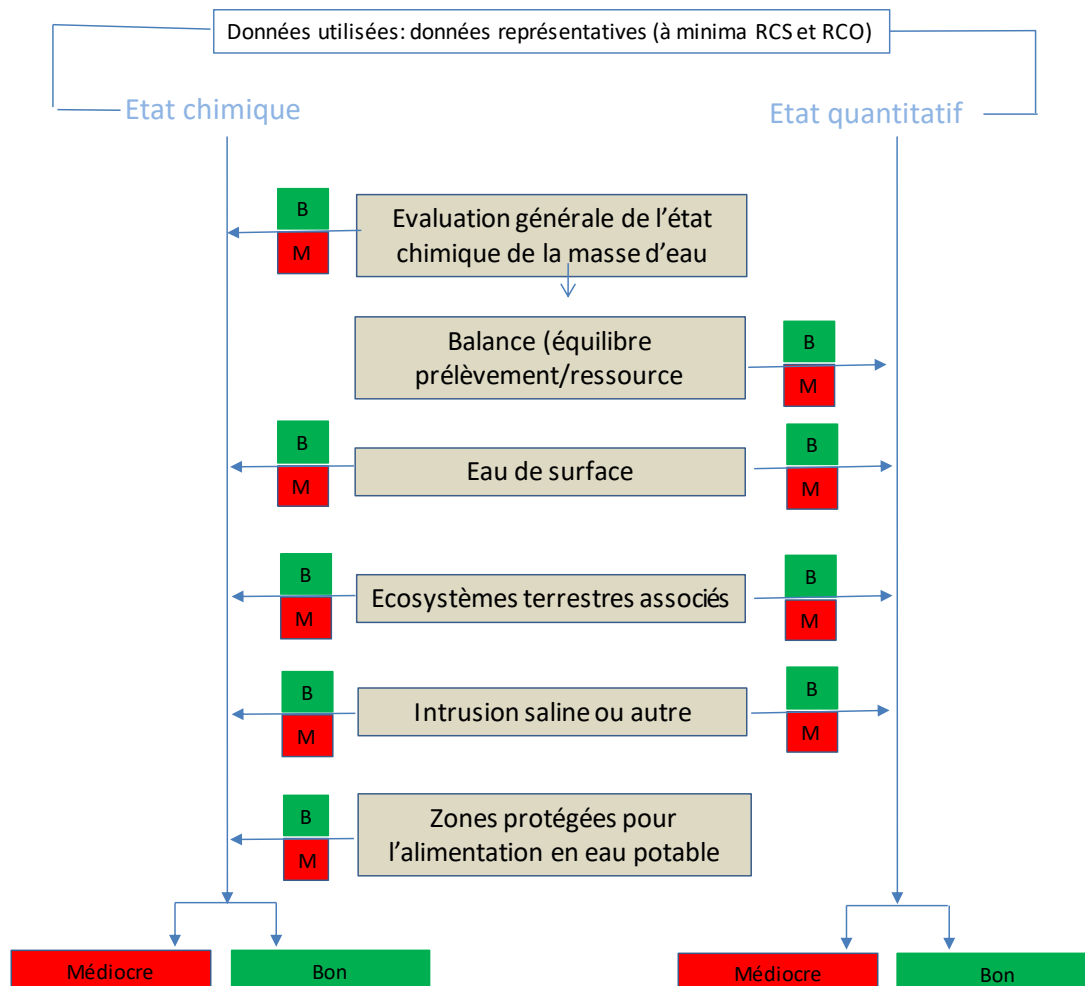


Illustration 5 : Tests de classification pour l'évaluation de l'état quantitatif et qualitatif DCE

Comme le suggère l'illustration 5, les tests « Eaux de surface », « Ecosystèmes terrestres associés » et « Intrusion salée ou autre », concernent également l'évaluation de l'état qualitatif des masses d'eau souterraine. Pour ces deux premiers tests, les objectifs sont de faire en sorte que les prélèvements dans la nappe ne soient pas responsables d'un état chimique médiocre et/ou écologique pour les eaux de surface ou les écosystèmes terrestres associés. Concernant les intrusions salées ou autre, des prélèvements excessifs sont souvent à l'origine de phénomènes d'intrusions salines (ou amplification de phénomènes existants).

## 3.2. ÉVALUATION DE L'ÉTAT QUANTITATIF

### 3.2.1. Définition du « bon état quantitatif »

Selon l'article R212-12 du Code de l'environnement, « *l'état quantitatif d'une eau souterraine est considéré comme bon lorsque les prélèvements ne dépassent pas la capacité de renouvellement de la ressource disponible [...]* ».

D'après l'article 2 (27) de la DCE, la « *ressource disponible* » correspond au « *taux moyen à long terme de la recharge totale de la masse d'eau souterraine moins le taux annuel à long terme de l'écoulement requis pour atteindre les objectifs de la qualité écologique des eaux de surface associées fixés à l'article 4, afin d'éviter toute diminution significative de l'état écologique de ces eaux et d'éviter toute dégradation significative des écosystèmes terrestres associés* ».

En pratique, les objectifs à atteindre pour obtenir le bon état quantitatif sont :

- d'assurer un équilibre sur le long terme entre les volumes des eaux souterraines s'écoulant au profit des autres milieux ou d'autres nappes, les volumes captés et la recharge de chaque nappe ;
- d'éviter une altération significative de l'état chimique et/ou écologique des eaux de surface liée à une baisse d'origine anthropique du niveau piézométrique ;
- d'éviter une dégradation significative des écosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines en relation avec une baisse du niveau piézométrique ;
- d'empêcher toute invasion saline ou autre liée à une modification d'origine anthropique des écoulements souterrains.

Une masse d'eau souterraine n'est en bon état que si l'ensemble de ces objectifs est respecté.

Dans le cadre de la mise à jour de l'état des lieux 2018, l'évaluation de l'état quantitatif est réalisée pour toutes les masses d'eau, quel que soit leur état. En effet, contrairement à l'état qualitatif, la DCE ne précise pas si l'évaluation de l'état quantitatif doit s'appliquer aux masses d'eau à risque ou à l'ensemble d'entre elles.

#### a) **Test : balance prélèvement/ressource**

Ce test a pour finalité d'évaluer l'équilibre entre la ressource disponible et les prélèvements effectués ; il s'effectue à l'échelle globale de la masse d'eau souterraine (MESO). Ce test comprend deux calculs indépendants et un organigramme qui permet la caractérisation de l'état de la masse d'eau. L'illustration 6 présente l'arbre de décision permettant d'évaluer l'état quantitatif pour le test « balance prélèvement/ressource ».

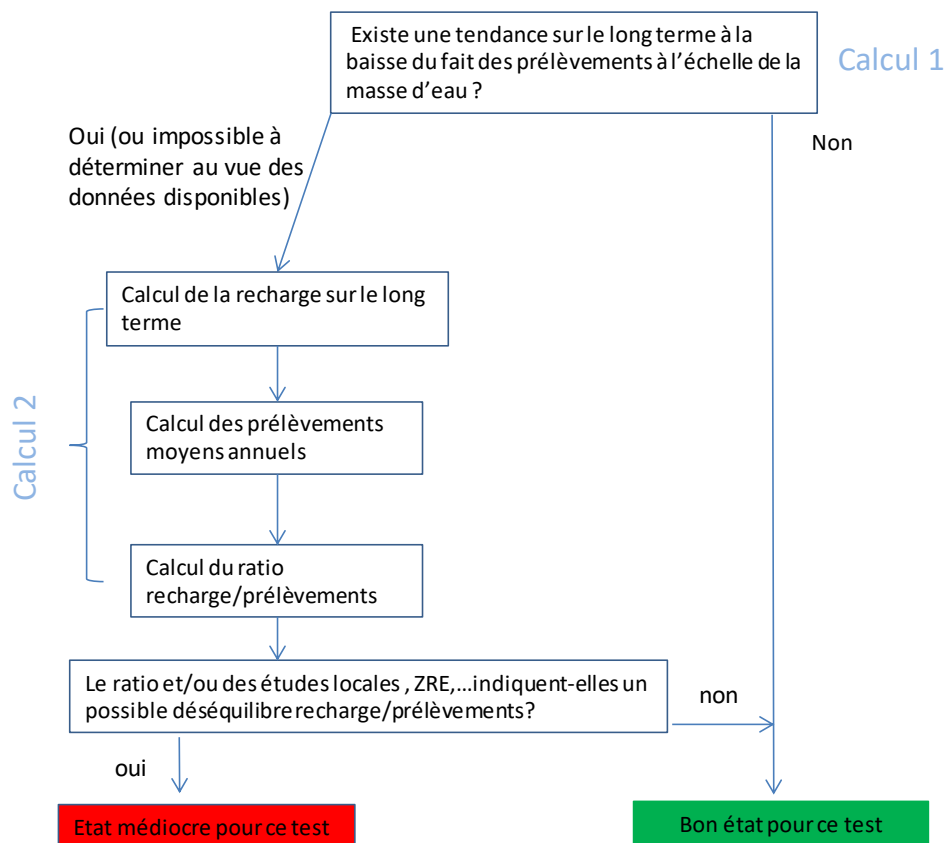


Illustration 6 : Schéma de réalisation du test « balance prélèvement/ressource » (Guide d'évaluation de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine, Croiset et al. 2018)

### Calcul 1 : Estimation des tendances d'évolution des niveaux piézométriques à l'échelle de la masse d'eau (pour les masses d'eau libres ou majoritairement libres)

Pour ce calcul, l'estimation des tendances d'évolution à long terme se fait sur une durée de 12 ans (2 cycles DCE) et au minimum 10 années pour les nappes sans évolution cyclique. Pour les chroniques à évolution cyclique, il faut s'assurer que la chronique de données couvre trois cycles. Pour ce faire, il est nécessaire de :

- Identifier les points du réseau DCE (et si nécessaire les autres réseaux jugés pertinents) et la longueur des chroniques associées ;
- Effectuer les calculs de tendances d'évolution au point d'eau et à la masse d'eau et à toute échelle jugée pertinente (secteur de masse d'eau) en se basant sur les recommandations du guide « tendances », (Croiset et al. 2018) en tenant compte des conditions climatiques.

La condition initiale consiste donc à estimer la tendance d'évolution sur le long terme des niveaux issus de la surveillance quantitative de la masse d'eau. Si une tendance à la baisse est observée sur plus de 20 % de la masse d'eau, l'étape suivante du test est à réaliser. Dans le cas contraire, la masse d'eau est considérée en bon état pour ce test de balance prélèvement – ressource.

### Calcul 2 : Etablissement du bilan hydrogéologique (nappes libres ou majoritairement libres)

Pour le calcul 2, l'estimation du bilan recharge/prélèvement ainsi que la recharge moyenne se calcule sur la donnée disponible la plus récente au moment de la réalisation de l'évaluation.

Si la condition initiale n'est pas respectée, il s'agit alors de calculer la recharge, d'estimer la contribution des eaux souterraine au soutien des rivières et écosystèmes terrestres dépendants puis de déterminer les prélèvements en nappe. Le principe consiste en un bilan des flux dans l'hydrosystème en opposant notamment l'évaluation de la moyenne annuelle à long terme des prélèvements à celle de la ressource en eau souterraine disponible. Selon les connaissances disponibles, les échanges avec les autres masses d'eau sont à prendre en compte. En pratique, en Martinique, en raison d'une connaissance insuffisante sur les débits minimums biologiques des cours d'eau et l'état des écosystèmes terrestres d'une part, et les volumes et directions d'écoulement entre nappe et cours d'eau ou nappe et écosystème terrestre d'autre part, seule la recharge peut être estimée. Le taux de prélèvements moyens annuels est à évaluer à l'échelle de la masse d'eau considérée. Un ratio permettant la caractérisation de la masse d'eau pour ce test est ensuite calculé :

$$\text{Ratio [MESO]} = \frac{\text{Moyenne sur le long terme des volumes annuels prélevés}}{\text{Moyenne sur le long terme de la recharge – besoins écologiques sur le long terme}}$$

#### **b) Test : eaux de surface**

La condition initiale consiste à établir s'il existe une (ou plusieurs) masse(s) d'eau de surface risquant de ne pas atteindre le bon état chimique et/ou écologique ou qui est en état chimique et/ou biologique médiocre. Les relations nappes-rivières sont ensuite établies. Si les connaissances sont insuffisantes, le dire d'expert peut intervenir.

Enfin, la condition finale est déterminée : savoir si les prélèvements en eau souterraine sont une cause significative de la non-atteinte du bon état des masses d'eau de surface. Si tel est le cas, la masse d'eau est en état médiocre pour ce test ; sinon, elle est en bon état pour ce test.

#### **c) Test : écosystèmes terrestres associés**

L'état quantitatif des eaux souterraines doit également être examiné au regard de son impact sur les écosystèmes associés.

La procédure de ce test suit la même démarche que celle décrite pour le test « eaux de surface ». Ainsi, la condition initiale consiste à établir s'il existe un (ou plusieurs) écosystèmes terrestres pour lesquels une dégradation du milieu a été constatée. Puis, les relations nappes-écosystèmes terrestres (zones humides) sont établies. Dans un dernier temps, la condition finale est décidée : si le niveau quantitatif d'une masse d'eau souterraine occasionne des dommages importants aux écosystèmes terrestres qui dépendent de cette masse d'eau souterraine, alors celle-ci sera décrétée en état médiocre pour ce test.

#### **d) Test : intrusion salée ou autre**

Une masse d'eau souterraine est considérée en bon état pour ce test s'il n'existe aucune « intrusion saline ou autre » à long terme résultant des activités humaines. Il s'agit ici d'identifier les zones où les pompages exercent une pression telle qu'ils entraîneraient une intrusion salée.

### 3.2.2. Niveaux de confiance et période de référence

La DCE n'impose pas que des niveaux de confiance soient associés à un état quantitatif des masses d'eau souterraine. Compte-tenu des difficultés à disposer de données homogènes entre masses d'eau souterraine et des disparités qui existent entre les bassins, la définition d'un niveau de confiance commun n'est pas possible actuellement.

Les chroniques piézométriques peuvent couvrir des périodes très variables. Dans la mesure du possible, des chroniques supérieures à 10 ans sont attendues par la DCE.

### 3.3. ÉVALUATION DE L'ÉTAT QUALITATIF

#### 3.3.1. Définition du « bon état chimique »

Les critères du bon état chimique des eaux souterraines sont développés dans la Directive européenne fille sur les eaux souterraines 2006/118/CE. Selon son article 4.2, « *une masse d'eau ou un groupe de masse d'eau est considéré comme étant en bon état chimique lorsque :*

a) *[...] les conditions visées au point 2.3.2 de l'annexe V de la Directive 2000/60/CE sont respectées (cf. Illustration 7) ; ou que :*

b) *Les valeurs correspondant aux normes de qualité des eaux souterraines [...] et aux valeurs seuils pertinentes [...] ne sont dépassées en aucun point de surveillance de cette masse d'eau ou de ce groupe de masses d'eau souterraine ;*

c) *La valeur correspondant à une norme de qualité des eaux souterraines ou à une valeur seuil est dépassée en un ou plusieurs points de surveillance, mais une enquête appropriée menée conformément à l'annexe III confirme que :*

- i. *[...] les concentrations de polluants dépassant les normes de qualité des eaux souterraines ou les valeurs seuils ne sont pas considérées comme présentant un risque significatif pour l'environnement, compte-tenu, le cas échéant, de l'étendue de la masse d'eau souterraine qui est concernée ;*
- ii. *Les autres conditions énoncées dans le tableau 2.3.2 de l'annexe V de la Directive 2000/60/CE pour établir le bon état chimique des eaux souterraines sont réunies [...] ;*
- iii. *Il est satisfait aux exigences de l'article 7, paragraphe 3, de la Directive 2000/60/CE [...] pour les masses d'eau souterraine identifiées [comme des zones protégées au titre de l'AEP] ;*
- iv. *La capacité de la masse d'eau souterraine [...] à se prêter aux utilisations humaines n'a pas été compromise de manière significative par la pollution. »*

Eléments	Bon état
En général	<p>La composition chimique de la masse d'eau souterraine est telle que les concentrations de polluants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— comme précisé ci-après, ne montrent pas d'effets d'une invasion salée ou autre.</li> <li>— ne dépassent pas les normes de qualité applicables au titre d'autres dispositions législatives communautaires pertinentes conformément à l'article 17,</li> <li>— ne sont pas telles qu'elles empêcheraient d'atteindre les objectifs environnementaux spécifiés au titre de l'article 4 pour les eaux de surface associées, entraîneraient une diminution importante de la qualité écologique ou chimique de ces masses ou occasionneraient des dommages importants aux écosystèmes terrestres qui dépendent directement de la masse d'eau souterraine.</li> </ul>
Conductivité	Les changements de conductivité n'indiquent pas d'invasion d'eau salée ou autre dans la masse d'eau souterraine

*Illustration 7 : Définition du bon état chimique des masses d'eau souterraine – Extrait de la Directive Cadre européenne sur l'Eau 2000/60/CE, annexe V.2.3.2*

### 3.3.2. Procédure générale

La procédure générale d'évaluation visant à déterminer l'état qualitatif (ou chimique) d'une masse d'eau ou d'un groupe de masses d'eau ne s'applique qu'aux masses d'eau à risque, c'est-à-dire celles identifiées en 2005 comme risquant de ne pas atteindre le bon état chimique en 2015. Néanmoins, afin d'éviter toute erreur liée à une évaluation du risque de non atteinte des objectifs environnementaux insuffisante, la procédure générale est appliquée à l'ensemble des masses d'eau.

La qualification de l'état chimique d'une masse d'eau souterraine s'effectue en 2 étapes résumées dans l'illustration 8.

Ainsi, pour chaque masse d'eau et chaque paramètre :

- Étape 1 : vérifier si les points des réseaux de surveillance (tous réseaux de surveillance confondus) présentent des dépassements de la valeur seuil ou de la norme. Si oui, l'étape 2 doit être mise en œuvre, il s'agit de « l'enquête appropriée ».
- Étape 2 : si un dépassement est observé sur un ou plusieurs points de surveillance, « l'enquête appropriée » est menée. Celle-ci implique la mise en œuvre d'une série de « tests » qui permettront de vérifier si l'état qualitatif de la masse d'eau doit réellement être considéré comme médiocre.

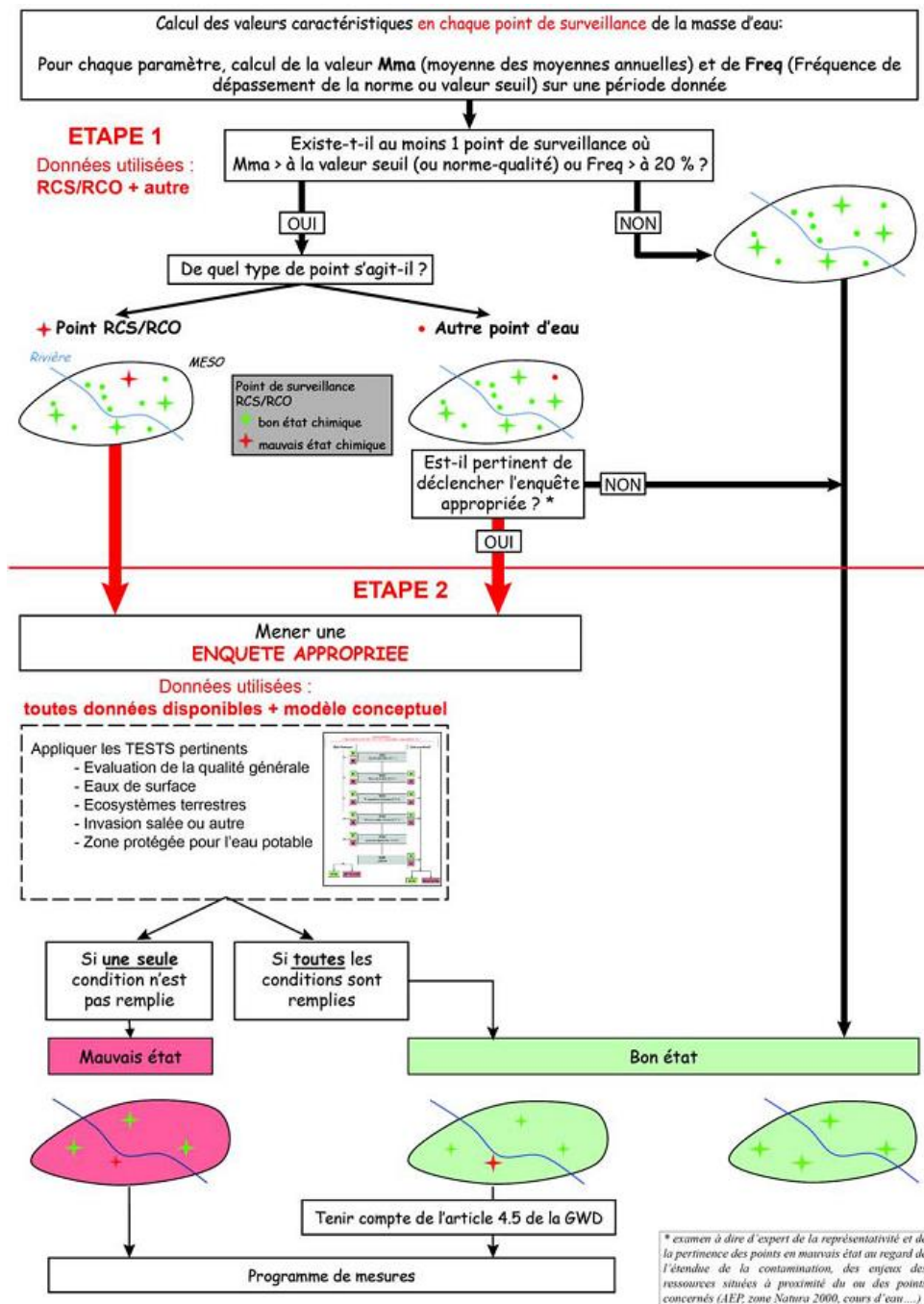


Illustration 8 : Procédure générale pour l'évaluation du bon état chimique d'une masse d'eau souterraine et application de l'enquête appropriée au titre de l'évaluation de l'état chimique (GWD : Groundwater Directive)<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Article 4.5 de la GWD : Groundwater Directive "If a body of groundwater is classified as being of good chemical status in accordance with paragraph 2(c), Member L 372/22 EN Official Journal of the European Union 27.12.2006 States, in accordance with Article 11 of Directive 2000/60/EC, shall take such measures as may be necessary to protect aquatic ecosystems, terrestrial ecosystems and human uses of groundwater dependent on the part of the body of groundwater represented by the monitoring point or points at which the value for a groundwater quality standard or the threshold value has been exceeded".

Afin de vérifier si des points des réseaux de surveillance présentent des dépassements de la valeur seuil ou de la norme, une succession de 4 étapes doit être réalisée. Pour chaque paramètre et chaque point d'eau, le calcul de la moyenne des moyennes annuelles (*Mma*), qui doit être comparé aux valeurs seuils ou aux normes de qualité, s'effectue de la manière suivante :

- I. Prendre tous les résultats issus des réseaux de surveillance sur la période considérée.
- II. Pour chacune des années de contrôle et chaque point, calculer la moyenne annuelle des concentrations.
- III. Effectuer la Moyenne des moyennes annuelles (*Mma*).
- IV. Avec les données collectées, qualifier individuellement l'état chimique de chaque point d'eau disposant de données pour le paramètre considéré :

Un point d'eau est en bon état chimique si :

- la *Mma* ne dépasse pas la valeur seuil (ou norme) du paramètre étudié ;
- Et si, la fréquence de dépassement de la norme ou valeur seuil (*Freq*) n'excède pas 20% (les chroniques doivent compter au moins 5 valeurs sinon ce critère de 20% n'est pas applicable).

Si une de ces deux conditions n'est pas respectée, alors le point d'eau est déclaré en état chimique médiocre.

Si tous les points d'eau de la masse d'eau considérée sont en bon état chimique individuellement, alors la masse d'eau est déclarée en bon état chimique pour le paramètre étudié. Dans le cas contraire, le réseau d'appartenance de ces points d'eau en état médiocre doit être identifié. Si au moins un point d'eau en état médiocre appartient au réseau de contrôle de surveillance (RCS) ou au réseau de contrôle opérationnel (RCO), « l'enquête appropriée » doit être menée (cf. Illustration 7). En revanche, si le ou les points d'eau n'appartiennent pas aux réseaux RCS ou RCO, il est nécessaire de s'interroger sur la pertinence de cet état médiocre, ce qui inclut notamment de se questionner sur la qualité des données permettant d'aboutir à ce résultat, la représentativité du point de mesure, la qualité des analyses, la fréquence d'analyse et également sur la potentielle caractérisation de la pollution : diffuse ou localisée. La pertinence de ce jugement et le déclenchement ou non de « l'enquête appropriée » se fera à « dire d'expert ».

Quand elle est déclenchée, « l'enquête appropriée » s'applique à toute la masse d'eau souterraine. Son objectif est d'étudier si les conditions qui définissent le bon état chimique d'une masse d'eau souterraine sont remplies. A noter que seuls les tests « pertinents » c'est-à-dire correspondant à un risque identifié sont menés.

Les tests à réaliser sont regroupés dans l'illustration 7. Tout comme pour l'évaluation de l'état quantitatif d'une masse d'eau souterraine, à l'issue de chacun des tests, l'état de la masse d'eau est considéré comme « bon » ou « médiocre » pour ce test. Si pour au moins un test la masse d'eau souterraine est en état médiocre alors l'ensemble de la masse d'eau est classé en état chimique médiocre.



### **Test : qualité générale**

Ce test a pour but d'évaluer les risques environnementaux pour la masse d'eau souterraine dans son ensemble. Il s'effectue en deux temps et s'applique individuellement à chaque paramètre (Illustration 9) :

- **Étape 1** : identifier la surface que représente la pollution observée, c'est-à-dire l'aire de représentativité du point d'eau déclaré en état médiocre, puis faire la somme de ces surfaces.
- **Étape 2** : classer la masse d'eau : si la somme des surfaces déclarées en état médiocre est inférieure à 20% de la surface totale de la masse d'eau, alors celle-ci est en bon état pour ce test. En revanche, si la somme est supérieure à 20%, la masse d'eau est en état médiocre pour ce test.

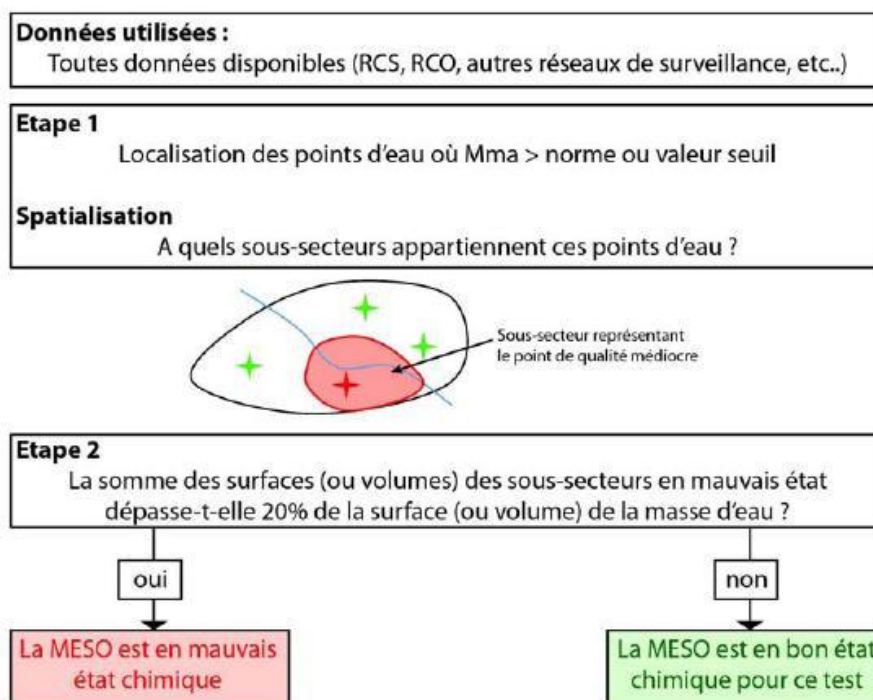


Illustration 9 : Test « qualité générale » permettant d'évaluer la proportion de la masse d'eau en bon état

Si l'estimation de l'aire de représentativité d'un point de mesure n'est pas possible alors il est possible de regarder le nombre de points concernés par un état bon ou médiocre pour effectuer ce test.

#### **a) Test : eaux de surface**

Ce test permet de déterminer si le transfert de polluants de l'eau souterraine vers l'eau de surface est une entrave aux objectifs environnementaux de la DCE pour les eaux de surface. Par conséquent, ce test s'applique aux masses d'eau souterraine en relation avec une ou des masses d'eau de surface à risque.

**b) Test : écosystèmes terrestres**

Ce test vise à déterminer dans quelle mesure le transfert de polluants de l'eau souterraine vers les écosystèmes terrestres qui lui sont associés est une entrave aux objectifs environnementaux de la DCE pour ces écosystèmes. Un écosystème terrestre dépendant des eaux souterraines peut être impacté par des modifications des caractéristiques qualitatives de la masse d'eau souterraine sous l'effet de pressions anthropiques.

**c) Test : intrusion salée ou autre**

Ce test doit être réalisé après l'évaluation de l'état quantitatif afin d'identifier les zones ou les pompages exercent une pression telle qu'ils entraîneraient une intrusion salée.

Dans le cas de masses d'eau souterraine où la salinité est naturellement élevée, une démarche par étape doit être menée :

- **Étape 1** : identifier les zones vulnérables aux pressions de prélèvement.
- **Étape 2** : existe-t-il une tendance à la hausse significative et durable des concentrations du paramètre étudié ? Ceci permettant de distinguer les variations saisonnières des variations interannuelles.
  - si les tendances observées sont saisonnières, la masse d'eau ne doit pas être considérée en état médiocre pour ce test ;
  - au contraire, si l'augmentation de la salinité (conductivité, chlorures, sulfates) est constante d'une année sur l'autre, la masse d'eau est classée en état médiocre pour ce test.

**d) Test : zones protégées AEP**

Une masse d'eau souterraine est considérée en bon état chimique pour ce test si les conditions suivantes sont respectées pour la totalité des captages d'eau potable de la masse d'eau fournissant plus de 10 m<sup>3</sup>/j ou desservant plus de 50 habitants :

- pas de changement dans le niveau de traitement de l'eau avant distribution ;
- absence de signes de dégradation de la qualité de la masse d'eau tel que l'abandon d'un captage par exemple ;
- absence de toute tendance à la hausse significative et durable d'un polluant.

Ce test sera alors appliqué comme suit :

- **Étape 1** : identifier si la masse d'eau est sollicitée pour l'AEP avec au moins un captage d'eau fournissant plus de 10 m<sup>3</sup>/j :
  - si non, le test n'est pas mené ;
  - si oui, l'étape 2 doit être réalisée.
- **Étape 2** : existe-t-il des signes d'augmentation du niveau de traitement ou de détérioration de la qualité de la ressource imputable aux activités humaines ?
  - si non, la masse d'eau est déclarée en bon état pour ce test ;
  - si oui, la masse d'eau est considérée en état chimique médiocre.

### 3.3.3. Valeurs seuils et normes de qualité

Conformément à l'article 3.2 de la GWD, des valeurs seuils peuvent être fixées au niveau de la masse d'eau, du groupe de masses d'eau, du district hydrographique, ou au niveau national pour permettre de tenir compte de la grande diversité des caractéristiques des eaux souterraines de l'Union Européenne et des fonds géochimiques.

Le choix des valeurs seuils à considérer dépend du type de paramètre considéré et des spécificités des récepteurs à protéger dans chaque masse d'eau. Ainsi, pour la plupart des substances dont l'origine est uniquement anthropique dans les eaux souterraines (pesticides), des valeurs seuils sont proposées au niveau national (voir annexe II de la circulaire relative à l'application de l'arrêté du 17 décembre 2008). Pour d'autres paramètres dont les sources peuvent être à la fois anthropiques et naturelles (chlorures, fer...), une approche par masse d'eau est recommandée.

Cette approche s'appuie sur une démarche réglementaire qui n'est pas développée dans ce rapport mais qui a été suivie lors de l'étude détaillée du fond géochimique des eaux souterraines de Martinique menée en 2013. L'ensemble des résultats de cette étude est rassemblé dans le rapport Arnaud et al., 2013. Comme expliqué dans ce rapport, bien que les zones à risque de fond géochimique élevé concernent 11 éléments, seuls cinq paramètres (arsenic, chlorures, sodium, fer et manganèse) sont concernés pour l'attribution de nouvelles valeurs seuils.

### 3.3.4. Limite de quantification

Pour les micropolluants dont les résultats d'analyse sont inférieurs à la limite de quantification (LQ), la valeur retenue pour le calcul de la moyenne est  $LQ/2$ , sauf pour les sommes de paramètres. Par ailleurs, si sur un point et pour un même paramètre, plusieurs LQ existent dans la série temporelle, la LQ à retenir est celle de chaque échantillon.

Les résultats pour lesquels la LQ est supérieure à la valeur seuil ou à la norme sont exclus du calcul de la moyenne.

### 3.3.5. Niveau de confiance de l'évaluation et période de référence

Le niveau de confiance de l'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines fait référence au degré de pertinence du résultat. Sachant que la *Mma* se calcule sur une période fixée, ici 2014-2019, la qualité individuelle des données et la fréquence d'échantillonnage influenceront alors le niveau de confiance attribué au calcul de la *Mma*.

L'annexe VII-B de l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif au programme de surveillance de l'état des eaux liste les paramètres et indique les fréquences minimales de mesures à savoir :

- pour les nappes libres : 2 prélèvements par an, l'un en période de hautes eaux et le second en période de basses eaux ;
- pour les nappes captives : 1 prélèvement par an.

En fonction de la fréquence des prélèvements, un indice de confiance binaire est attribué au calcul de la *Mma* :

- un niveau de confiance élevé si les fréquences de mesures respectent à minima les prescriptions de l'arrêté du 25 janvier 2010 ;
- un indice de confiance faible si ces conditions ne sont pas respectées.

Le niveau de confiance s'applique à la période de référence 2014-2019. Ainsi, si une seule mesure venait à manquer au cours d'une seule année pendant la période, le niveau de confiance serait faible. Respectant l'annexe VII-B de l'arrêté du 25 janvier 2010, le niveau de confiance des points d'eau du réseau de contrôle opérationnel des eaux souterraines de la Martinique est élevé.

## 4. Évaluation de l'état quantitatif DCE des masses d'eau souterraine de la Martinique

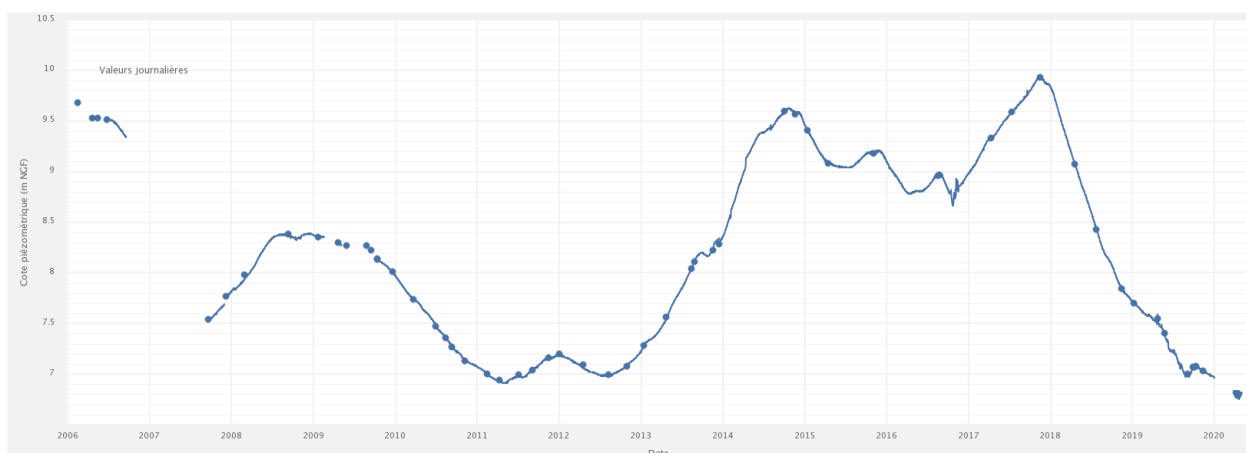
### 4.1. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

L'évaluation du bon état quantitatif des masses d'eau souterraine est fondée sur les données issues du réseau de surveillance référencé « 0800000015 - FRJSOP - Surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines du bassin Martinique » sous ADES. Sur plusieurs exemples de graphiques de chroniques piézométriques (Illustration 10), les grands types de fluctuations piézométriques ont été représentés afin de décrire l'évolution générale des niveaux d'eau (recharge - vidange).

En Martinique, quatre différents types de fluctuation existent (Illustration 10) :

- Pluriannuelles, avec un cycle de recharge et de vidange de l'aquifère qui s'effectue sur plusieurs années, caractéristiques d'un aquifère à forte inertie ; ce dernier peut être peu transmissif, profond et/ou éloigné des exutoires (rivières ou bandes côtières) ;
- Saisonnières, avec un cycle de recharge et de vidange de l'aquifère annuel, traduisant un aquifère à inertie modérée, plus transmissif que celui à fluctuations pluriannuelles et généralement proche des exutoires ;
- Pluriannuelles et saisonnières, caractéristiques des fluctuations saisonnières à laquelle se surimpose des fluctuations pluriannuelles, on parle d'effet mémoire de l'aquifère ;
- Saisonnières et journalières, composées de remontées piézométriques brutales et éphémères, dictées par la pluviométrie des jours précédents et du secteur géographique considéré.

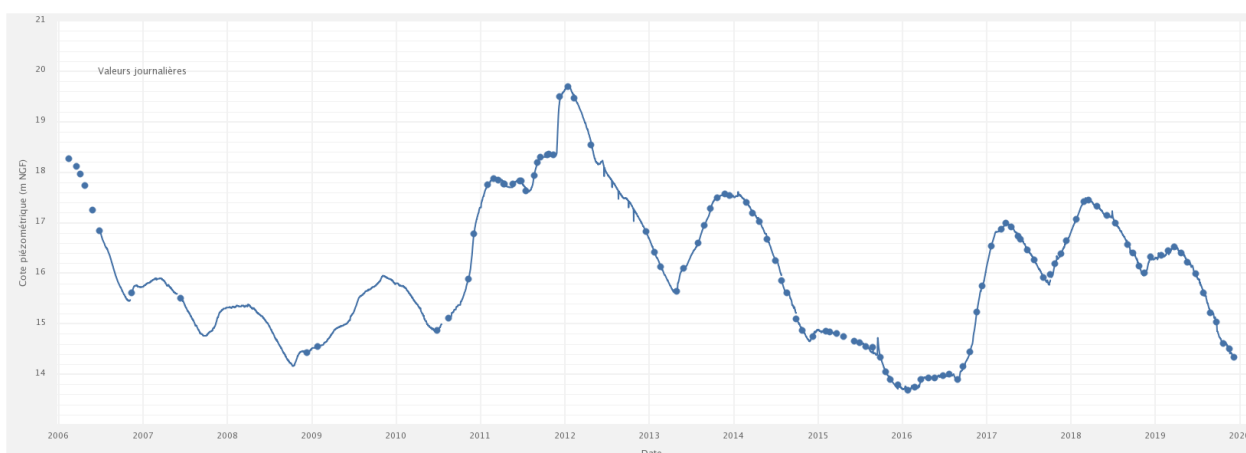
*Fluctuations pluriannuelles : piézomètre Rivière du Prêcheur 1167ZZ0024/PRS1*



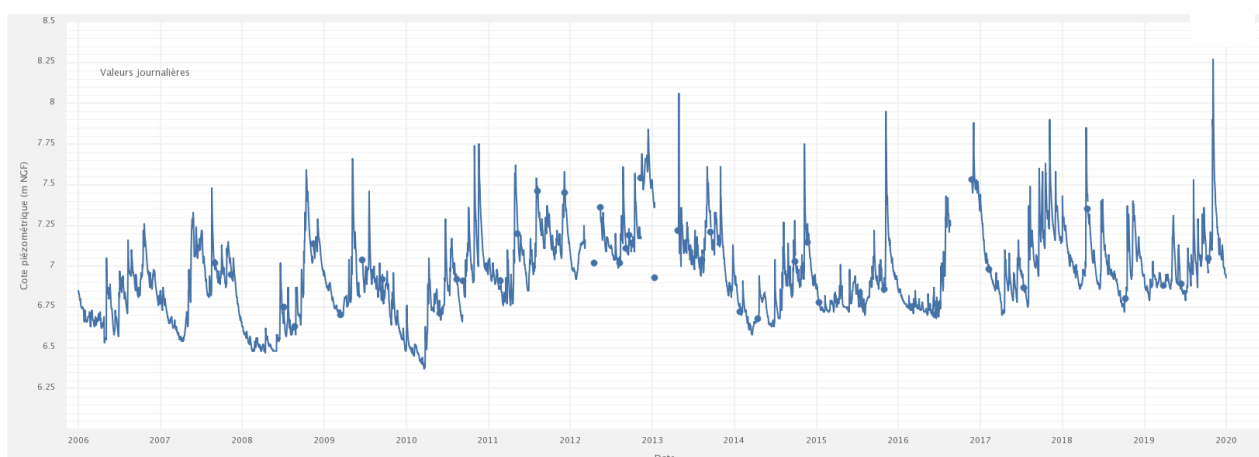
*Fluctuations saisonnières et pluriannuelles : piézomètre Grande Anse 1181ZZ0131/PZ*



*Fluctuations pluriannuelles et saisonnières : piézomètre Chalvet 1166ZZ0026/NF8*



*Fluctuations saisonnières, journalières et pluriannuelles : piézomètre Grand Fond 1179ZZ0299/NF2*



*Illustration 10 : Types de fluctuations piézométriques rencontrées en Martinique (les échelles de temps des 4 graphiques sont identiques)*

## 4.2. ÉVALUATION DE L'ÉTAT QUANTITATIF DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE

Comme détaillé en partie 3.1., l'évaluation du bon état quantitatif DCE repose également sur d'autres données qui sont essentielles pour la réalisation des tests de classification décrits dans la Directive européenne. Parmi celles-ci, l'estimation de la recharge des aquifères et des prélèvements en nappes sont nécessaires pour effectuer un bilan des flux dans l'hydrosystème. Par ailleurs, la connaissance de l'état des écosystèmes terrestres et aquatiques associés aux eaux souterraines est un élément capital de l'évaluation du bon état quantitatif des masses d'eau. Enfin, une cartographie de l'interface eau douce/eau salée permettrait de répondre au test de l'impact des intrusions salines dans les eaux souterraines.

### 4.2.1. Test : balance prélèvement / ressource

La Banque Nationale des Prélèvements quantitatifs en Eau (BNPE, <https://bnpe.eaufrance.fr/>) est l'outil national dédié à la diffusion des prélèvements sur la ressource en eau. Elle permet notamment d'évaluer les prélèvements d'eau souterraine de l'île. L'illustration 11 présente les différents captages recensés sur le territoire ayant prélevé de l'eau en 2017. Les prélèvements sont concentrés sur la moitié Nord de l'île. La masse d'eau souterraine Pelée-Est compte 11 captages, la masse d'eau Pelée-Ouest en compte 5 dont la source Morestin qui est le plus gros captage de l'île, la masse d'eau Carbet en compte 4, et les masses d'eau Jacob-Centre et Jacob-Est en comptent chacun une.



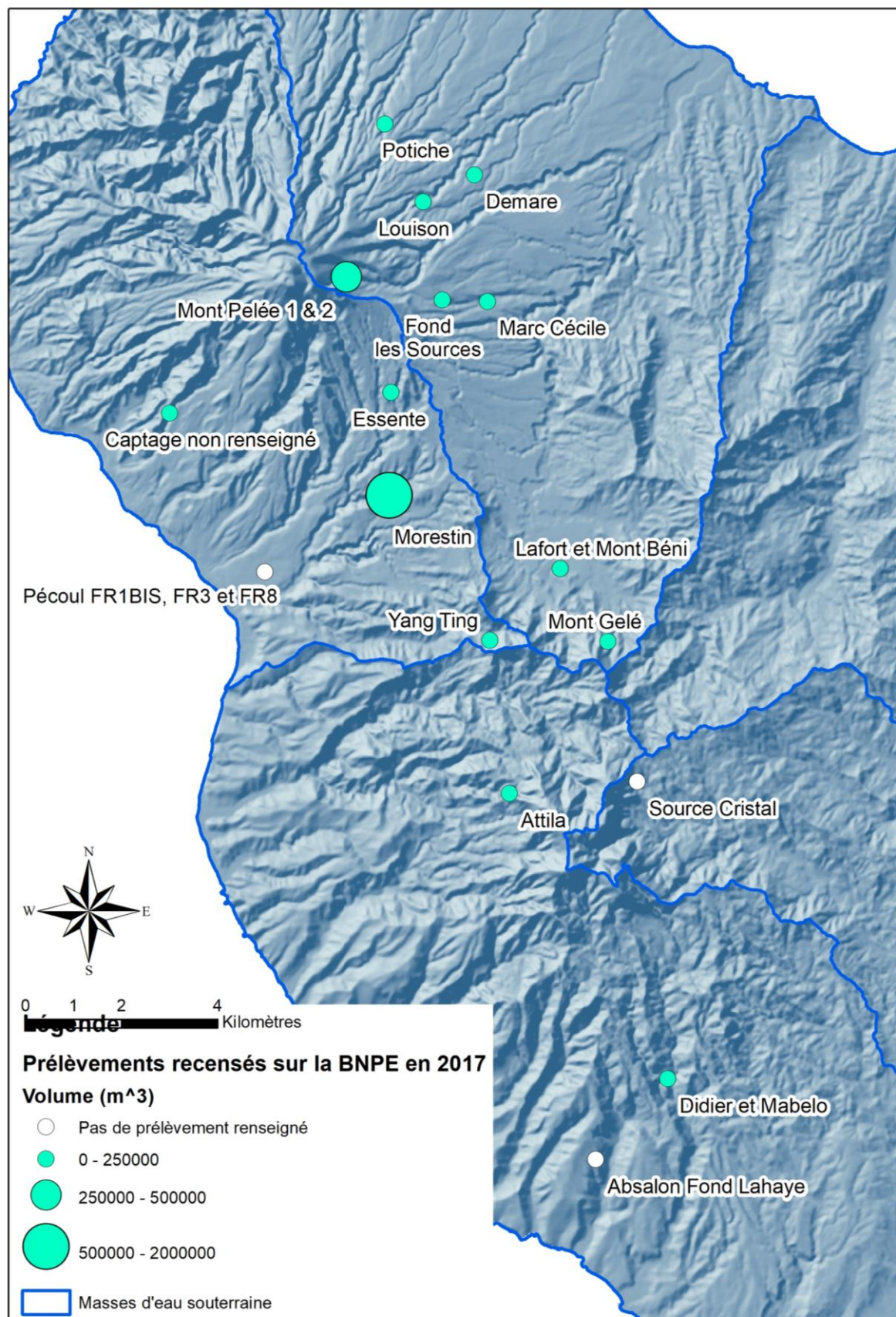


Illustration 11 : Prélèvements annuels d'eau souterraine recensés par la BNPE en 2017



Pour évaluer l'impact des prélèvements sur la ressource en eau le ratio Prélèvement / Recharge doit être évalué en appliquant le calcul ci-dessous :

$$\text{Ratio [MESOUT]} = \text{Volume annuel prélevé (m}^3\text{)}/\text{Recharge annuelle moyenne estimée (m}^3\text{)}$$

La recharge annuelle moyenne estimée correspond à l'infiltration par masse d'eau souterraine calculée par Arnaud et Lanini, 2014. Les volumes annuels prélevés proviennent de la BNPE pour l'année 2017.

Pour évaluer l'impact des prélèvements sur la ressource la règle suivante a été appliquée :

- Ratio  $\geq$  100% : pression très significative ;
- $10\% \leq$  Ratio < 100% : pression significative ;
- Ratio < 10% : pression non significative.

L'illustration 12 présente pour chaque masse d'eau souterraine la recharge en nappe (c'est-à-dire l'infiltration d'eau de pluie dans les eaux souterraines), les prélèvements ainsi que le ratio. Pour l'ensemble des masses d'eau, le ratio est très inférieur à 10% ; les pressions sont donc considérées comme non significatives. Ainsi, l'ensemble des masses d'eau peut être considéré en bon état pour le test « balance prélèvement/ressource ».

Masse d'eau	Surface (Km <sup>2</sup> )	I (mm/an)	Prélèvements (m <sup>3</sup> /an)	Ratio (%)
<b>Carbet</b>	142,91	216,73	258808	0,8356
<b>Jacob-Centre</b>	160,91	278,73	0	0
<b>Jacob-Est</b>	180,48	283,37	0	0
<b>Miocène</b>	191,58	115,47	0	0
<b>Pelée-Est</b>	106,49	113,496	659749	5,459
<b>Pelée-Ouest</b>	93,75	494,73	2022799	4,361
<b>Trois-Ilets</b>	41,11	83,78	0	0
<b>Vauclin-Pitault</b>	162,7	79,52	0	0

Illustration 12 : Evaluation du ratio prélèvement/recharge (I : infiltration)

#### 4.2.2. Test : eau de surface

Actuellement, seule une étude approfondie a été réalisée sur la relation nappe-rivière dans le secteur de Rivière Falaise, sur la commune de Basse Pointe (Arnaud et al., 2013). Les conclusions aboutissent à une relation étroite entre la rivière Falaise et les eaux souterraines. Toutefois, sachant que les prélèvements en eau souterraine sont inexistant dans le secteur, ils ne peuvent être la cause de la non-atteinte du bon état qualitatif des masses d'eau de surface associées.

#### 4.2.3. Test : écosystèmes terrestres

Les relations nappes-écosystèmes terrestres (zones humides) restent peu connues actuellement en Martinique. Par conséquent, il est difficile d'évaluer l'impact des différentes nappes d'eau sur les écosystèmes terrestres. Néanmoins, compte-tenu des faibles prélèvements en eau souterraine, l'impact sur les écosystèmes terrestres est supposé faible voire inexistant.

#### **4.2.4. Test : intrusion salée ou autre (commun avec l'état chimique)**

Une intrusion saline a été détectée dans un forage agricole à Dizac au Diamant sur la masse d'eau souterraine Trois Ilets. L'exploitation du forage a été interrompue. La présence d'une intrusion saline au niveau de cette masse d'eau est donc considérée comme probable et demande à être vérifiée grâce aux analyses chimiques.

#### **4.2.5. Etat quantitatif et niveau de confiance**

Ainsi, du point de vue quantitatif, sur la base des données existantes et exploitées, l'ensemble des masses d'eau souterraine de Martinique (Pelée-Est, Pelée-Ouest, Jacob-Est, Carbet, Jacob Centre, Vauclin-Pitault, Miocène et Trois-Ilets) peuvent être classées en bon état. Le niveau de confiance de cette évaluation est considéré comme moyen en raison du manque de connaissances sur les prélèvements agricoles non répertoriés, les relations nappes-rivières et l'impact de l'état quantitatif des masses d'eau sur les écosystèmes.

## 5. État qualitatif du réseau Martinique en 2019

### 5.1. LES ÉLÉMENTS PHYSICO-CHIMIQUES, MAJEURS ET TRACES DE L'ANNÉE 2019

#### 5.1.1. Les paramètres physico-chimiques mesurés sur place

Les eaux analysées présentent des températures comprises entre 23,7 °C et 34,5 °C et un pH proche de la neutralité pour l'ensemble des 21 sites du réseau avec des valeurs oscillant entre 6,0 et 7,8. Les conductivités électriques sont comprises entre 80,1 et 1689  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une valeur moyenne de 593  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Enfin, les concentrations en carbone organique total sont également faibles ( $\leq 2,5$  mg/L), à l'exception de Vert Pré (6,8 mg/l) et Rivière du Prêcheur (5,7 mg/l) en saison sèche, ainsi que Rivière du Prêcheur (6,4 mg/l), Vatable (3,7 mg/l) et Vert Pré (2,9 mg/l) en saison des pluies.

#### 5.1.2. Les éléments majeurs

Les eaux souterraines de la Martinique peuvent être groupées en deux pôles principaux (Arnaud et al., 2013). La moitié Nord de l'île, à l'exception des zones littorales, présente des eaux globalement bicarbonatées ( $\text{HCO}_3^-$ , calciques ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésiennes ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sans cations réellement dominants. La composition de l'eau est majoritairement contrôlée par les interactions eau/roche et les apports d'eau de pluie. En revanche, dans le Sud du territoire et dans les zones proches du littoral, les eaux souterraines sont chlorurées, sodiques et potassiques. Ces eaux sont en effet sous l'influence d'eaux marines et/ou d'eau de mer fossile piégée dans certaines formations géologiques.

Pour les masses d'eau souterraine Carbet, Pelée-Ouest, Pelée-Est, Jacob-Est et Jacob-Centre, les concentrations en éléments majeurs hors nitrates (Na, Mg, Ca, K, Cl,  $\text{SO}_4$  et  $\text{HCO}_3$ ) sont généralement faibles (fond géochimique faible à intermédiaire, Arnaud et al., 2013 ; Brenot et al., 2008 ; Lions et al., 2008) sauf localement sous l'emprise du biseau salé ou via des eaux de mer fossiles (Rivière Salée - Nouvelle Cité :  $[\text{Na}] = 230$  mg/L ;  $[\text{Cl}] = 345$  mg/L en moyenne sur l'année 2019). Les éléments à risque de fond géochimique élevé sont répertoriés en Illustration 13.

Pour les masses d'eau souterraine Trois Ilets, Miocène et Vauclin-Pitault, les concentrations en éléments majeurs (Na, Mg, Ca, Cl) sont généralement plus élevées en raison d'un fond géochimique élevé (Trois Ilets – Vatable :  $[\text{Na}] = 231$  mg/L et  $[\text{Cl}] = 224$  mg/L en moyenne sur l'année 2019). Ceci résulte d'une part d'une évaporation plus marquée des eaux de pluies avant infiltration et d'une recharge plus faible limitant alors le phénomène de dilution (de l'eau souterraine par l'eau de pluie), et d'autre part de formations géologiques plus altérées. Enfin, l'interaction des masses d'eau souterraine avec l'eau de mer est également à l'origine d'une eau plus minéralisée dans les zones proches du littoral.

#### 5.1.3. Les éléments traces

Les concentrations en éléments traces, fer et manganèse, sont associées à un fond géochimique important sur toute la Martinique avec un indice de confiance élevé (Arnaud et al., 2013).

En 2019, des dépassements de la valeur seuil nationale du fer de 0,2 mg/L sont enregistrés sur les stations Prêcheur - Rivière du Prêcheur, Lamentin - Habitation Ressource, Diamant - Habitation

Dizac et Robert - Vert Pré, avec la plus forte teneur détectée au Carbet - Fond Canal avec 10,06 mg/L en saison des pluies.

Les concentrations en manganèse dépassent la norme de potabilité fixée à 50 µg/L pour 6 stations du réseau sur les deux campagnes d'analyses : Carbet – Fond Canal, Marigot – Anse Charpentier 2, Lamentin – Habitation Ressource, Schoelcher – Fond Lahaye, Robert – Vert Pré et Prêcheur – Rivière du Prêcheur avec un maximal en 2019 de 810,6 µg/L au Carbet - Fond Canal en saison des pluies.

Les zones à risque de fond géochimique élevé sont présentées en Illustration 13.

	Éléments	Indice de confiance	Délimitation	Masses d'eau souterraine
<b>ÉLÉMENTS MAJEURS</b>	Calcium	Élevé	Calcaires du Marin	Sud Atlantique
			Système aquifère du complexe de base (Presqu'île de Sainte-Anne)	
	Magnésium	Élevé	Système aquifère du complexe de base (Presqu'île de Sainte-Anne)	Sud Atlantique
	Chlorures Sodium	Élevé	Unité aquifère des andésites 2alpha	Nord Caraïbe
			Système aquifère du Sud	Centre
			Système aquifère du Morne Larcher et des Roches Genty	Sud Caraïbe
Système aquifère du Sud			Sud Atlantique	
Sulfates	Élevé	Système aquifère du complexe de base (Presqu'île de Sainte-Anne)	Sud Atlantique	
<b>ÉLÉMENTS TRACES</b>	Arsenic	Élevé	Système aquifère de la Montagne Pelée	Nord Caraïbe
			Système aquifère de l'édifice ancien de la Montagne Pelée	
			Système aquifère des pitons du Carbet	
	Moyen	Anomalies sols (Le Lamentin)	Centre	
		Unité aquifère des laves de Rivière Pilote	Sud Caraïbe	
	Baryum	Faible	Système aquifère du complexe de base (Presqu'île de la Caravelle)	Nord Atlantique
		Moyen	Système aquifère du complexe de base (Presqu'île de Sainte-Anne)	Sud Atlantique
	Bore	Élevé	Unité aquifère des laves de Rivière Pilote	Centre
			Unité aquifère des laves du Morne Pavillon	Sud Caraïbe
			Système aquifère du Morne Larcher et des Roches Genty	
Fer Manganèse	Élevé	Martinique	toutes	
Mercure	Moyen	Anomalies sols (Le Lamentin)	Centre	
		Système aquifère du complexe de base (Presqu'île de Sainte-Anne)	Sud Atlantique	

Illustration 13 : Tableau récapitulatif des zones à risque de fond géochimique élevé (Arnaud et al., 2013)

## 5.2. LES NITRATES

Une concentration en nitrates supérieure à 10 mg/L révèle généralement une contamination anthropique ; l'origine de ce composé dans les eaux souterraines provient principalement des engrais azotés. Les analyses de nitrates réalisées en 2019, montrent que 38 % des points du réseau de surveillance (8 sur 21) seraient anthropisés. Néanmoins, toutes les valeurs sont inférieures au seuil DCE et à la norme de potabilité, fixée à 50 mg/L (cf. Illustration 14). Avec une moyenne annuelle respectivement de 35,20 mg/l, 31,95 mg/l et 31,55 mg/l, les points Rivière du Prêcheur au Prêcheur, Chalvet à Basse Pointe et Nord Plage à Macouba sont les trois stations présentant des valeurs élevées dépassant 30 mg/L.

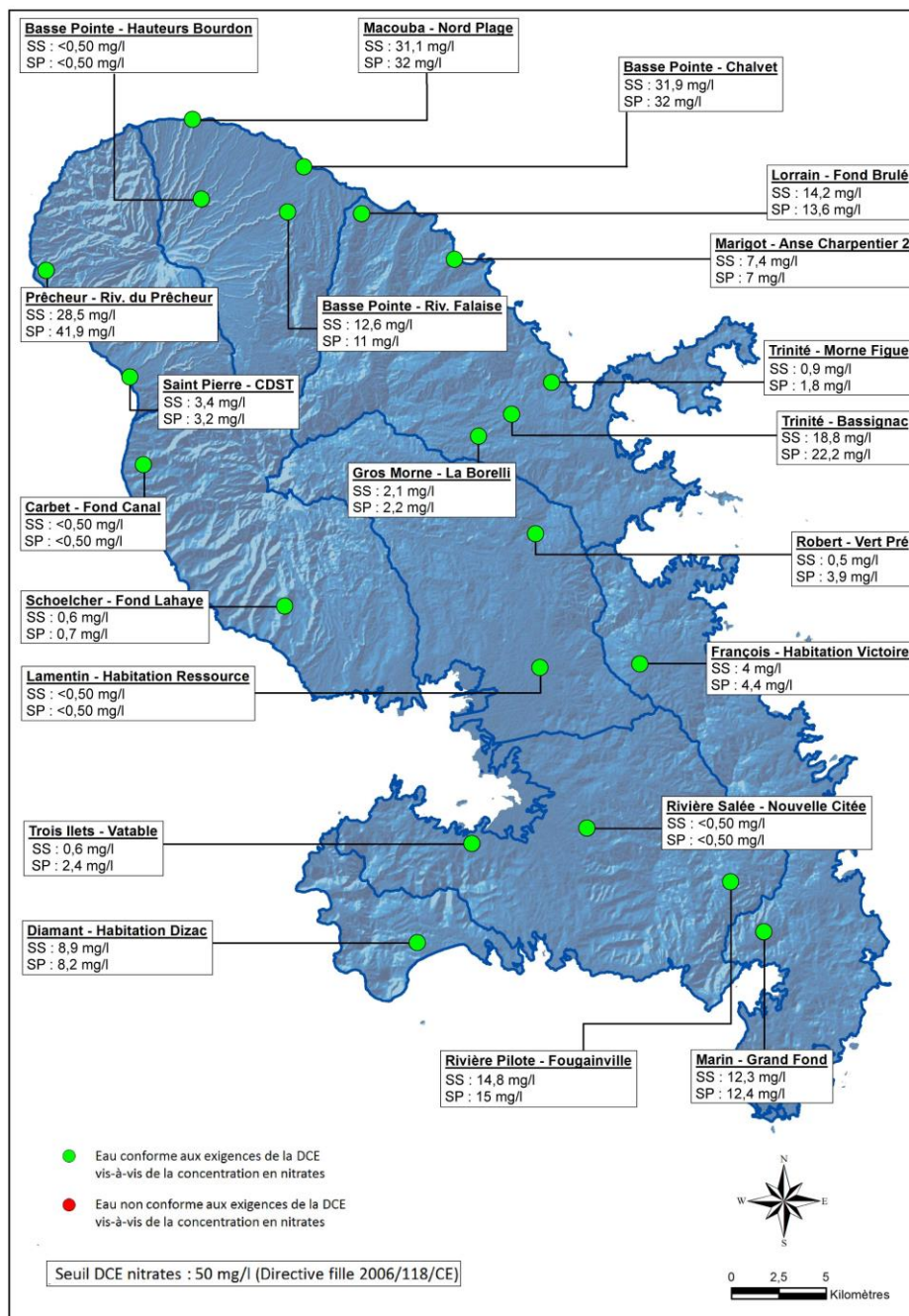


Illustration 14 : Concentrations en nitrates en saison sèche (SS) et en saison des pluies (SP) 2019

### 5.3. PRODUITS PHYTOSANITAIRES

La liste des produits phytosanitaires détectés en 2019 (saison sèche et humide considérées séparément), issus de l'arrêté du 7 août 2015, ainsi que leurs concentrations sont reportées dans l'illustration 15 et l'illustration 16.

Au cours des deux saisons de 2019 et de la même manière que lors de l'année 2018, 6 stations du réseau n'ont révélé aucune quantification de pesticides. Il s'agit de Basse Pointe – Hauteurs Bourdon, Saint Pierre – CDST, Schœlcher – Fond Lahaye, Gros Morne – La Borelli, Rivière Salée – Nouvelle Cité et Carbet – Fond Canal.

Pour l'année 2019, 10 stations ont présenté des eaux non conformes aux exigences DCE, avec des concentrations en produits phytosanitaires dépassant les seuils. Rappelons que le seuil pour les produits phytosanitaires sont fixés à 0.1 µg/l pour toutes les molécules, à l'exception de 3 d'entre-elles (dieldrine, aldrine et heptachlore) pour lesquelles le seuil est fixé à 0.03 µg/l

Globalement, les molécules les plus détectées sont, par ordre décroissant : la chlordécone (10 stations ayant toutes une valeur supérieure au seuil DCE), la chlordécone 5b-hydro, le bêta HCH, le chlordécol, le bromacil et le dieldrine. Dans le cas de ces molécules, les plus fortes concentrations ont été relevées à la station du Lorrain – Fond Brûlé en SP (saison des pluies) pour la chlordécone (28,5 µg/l), à la station Macouba – Nord Plage en SS (saison sèche) pour la chlordécone 5B-hydro (0,83 µg/l) et à la station Lorrain – Fond Brûlé en SS pour la Bêta HCH (2,757 µg/l). Généralement sur une même station, les molécules détectées en saison sèche le sont aussi en saison des pluies avec des concentrations variables. Le tableau en Annexe 2 recense les molécules actives détectées sur le réseau avec leurs usages et leur statut d'utilisation.



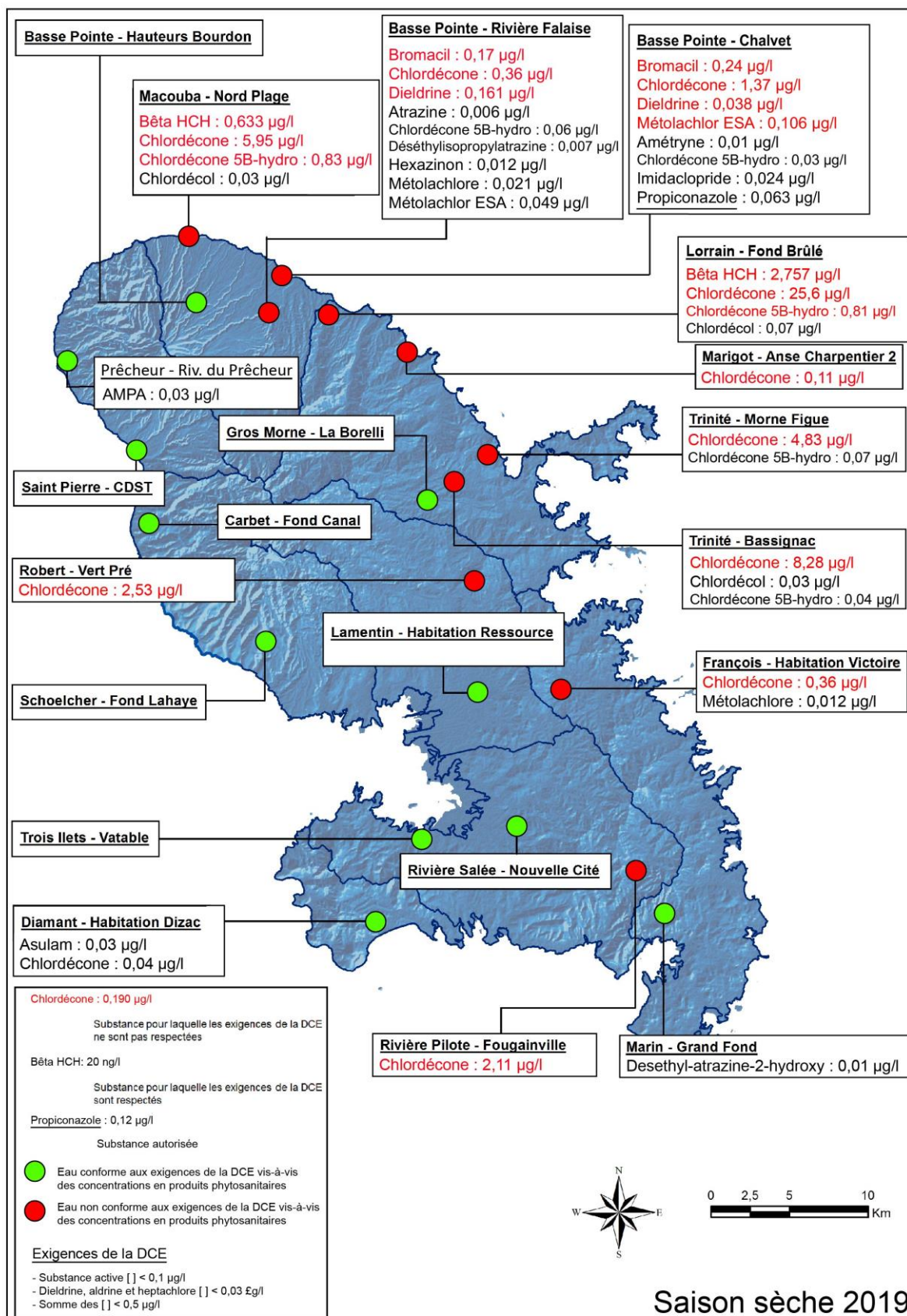


Illustration 15 : Produits phytosanitaires quantifiés en saison sèche 2019

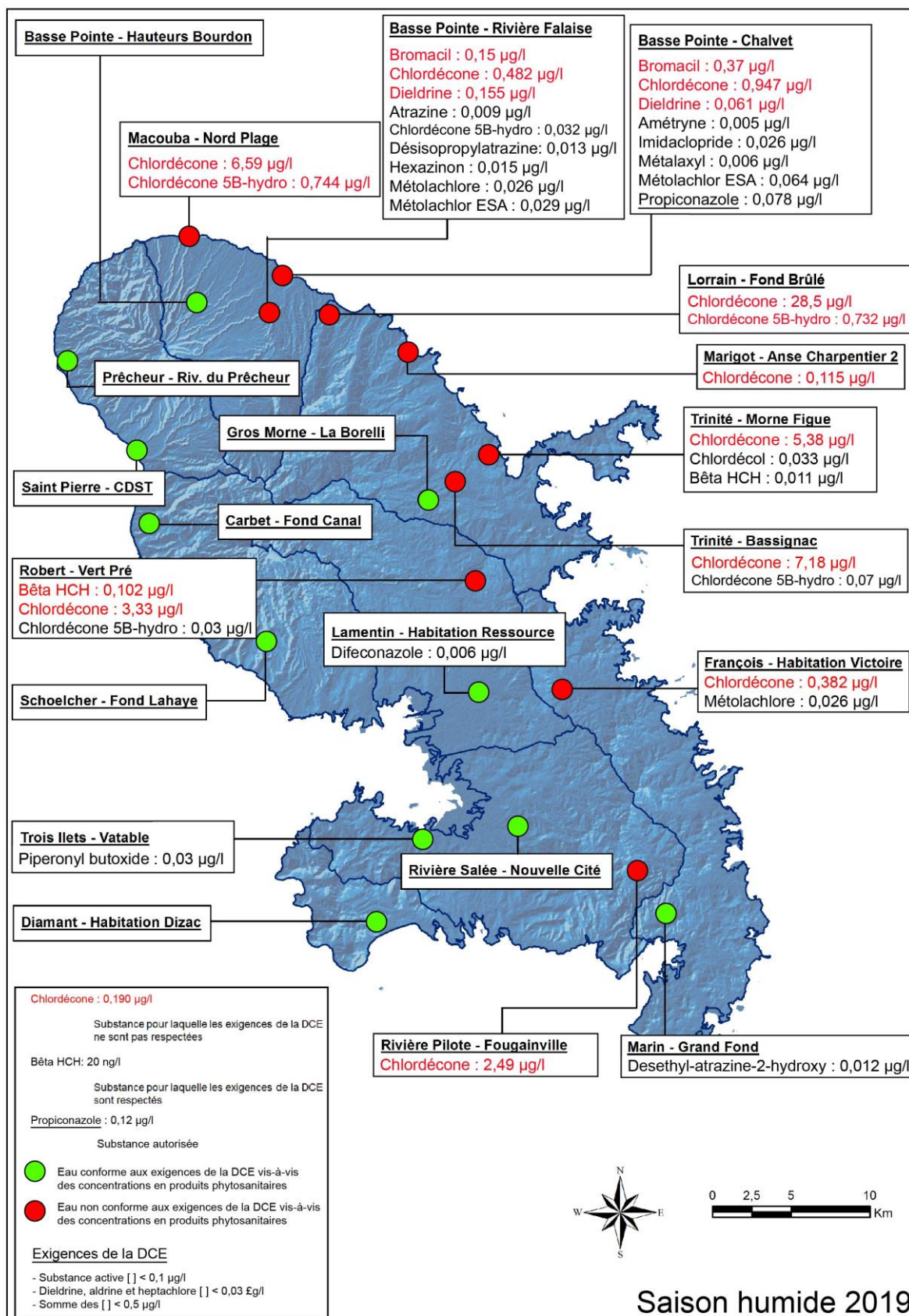


Illustration 16 : Produits phytosanitaires quantifiés en saison humide 2019



## 5.4. NOUVELLES SUBSTANCES ACTIVES ANALYSÉES

Depuis 2015, des polluants émergents ont intégré la liste d'analyses réalisées sur le réseau ; les paramètres détectés sont listés en Annexe 3.

Le méthylparaben et le propylparaben, largement utilisés dans les industries alimentaires et cosmétiques, ont été quantifiés sur 18 stations du réseau en 2015. Néanmoins, l'arrêté du 7 août 2015 établissant la surveillance de l'état des eaux ne comprend plus ces paramètres. Ils n'ont donc plus été analysés par la suite.

La caféine, présente dans de nombreux produits alimentaires, a été détectée au niveau de 14 stations du réseau en 2015. Retirée de la liste des paramètres recherchés entre 2016 et 2018, elle est à nouveau quantifiée sur 6 stations en 2019, notamment au Carbet - Fond Canal pour la première fois depuis 2015.

Le tolyltriazole et le benzotriazole sont deux produits industriels résistants à la biodégradation, employés comme additif anticorrosif (liquide de refroidissement) et détergent (lave-vaisselle...). En 2019, cette première molécule n'est détectée qu'à Trois Ilets - Vatable tandis que la seconde sur 10 points de surveillance avec 3 nouvelles détections par rapport à 2015.

Le bisphénol A lié à un usage alimentaire a été interdit en 2012 en France, il est principalement utilisé pour la fabrication de matières plastiques et est connu pour s'en extraire spontanément à très faible dose. Sa limite de quantification est de 0,02 µg/L. Il est détecté sur 8 stations en 2019, avec les valeurs les plus élevées détectées à Diamant – Habitation Dizac pour la saison sèche avec 1,57 µg/l et Rivière-Salée – Nouvelle-Cité pour la saison des pluies avec 1,20 µg/l.

Vu le caractère émergent de certaines molécules, l'impact de l'échantillonnage n'est pas encore suffisamment connu et il n'est pas exclu que des contaminations liées à la méthode de prélèvement aient pu se produire (cf. rapport BRGM/RP-62810-FR). Avec une méthodologie de prélèvement inchangée, la baisse de quantification du bisphénol A entre 2018 (14 stations) et 2019 (8) n'est pour le moment pas explicable.

Le 4-nonylphénol ramifié (84852-15-3), probablement lié à des détergents, des peintures et la fabrication de résine, a été détecté sur 8 stations du réseau en 2019 après avoir été massivement quantifié sur 14 stations en 2017, puis seulement 2 en 2018.

Le DEHP, ou phtalate de di-2-éthylhexyle est un produit plastifiant régulièrement retrouvé dans les sédiments. Analysé depuis 2015, il est retrouvé à la station Prêcheur – Rivière du Prêcheur en saison sèche 2019 à une concentration de 16,8 µg/l et au Carbet – Fond Canal en saison humide à une concentration de 3,27 µg/l.

Des hydrocarbures dissous ont été détectés aux stations Trois-Ilets – Vatable (piézomètre situé en bord de route nationale) et Diamant – Habitation Dizac, respectivement en saison humide et saison sèche 2019 pour des concentrations de 67 et 64 µg/l.

Aucune exigence DCE n'est définie pour les polluants émergents. La poursuite du suivi permettra de mieux évaluer et comprendre l'importance de ces paramètres dans le milieu naturel.

La liste des substances actives est reportée sur les cartes en Illustration 17 et Illustration 18.

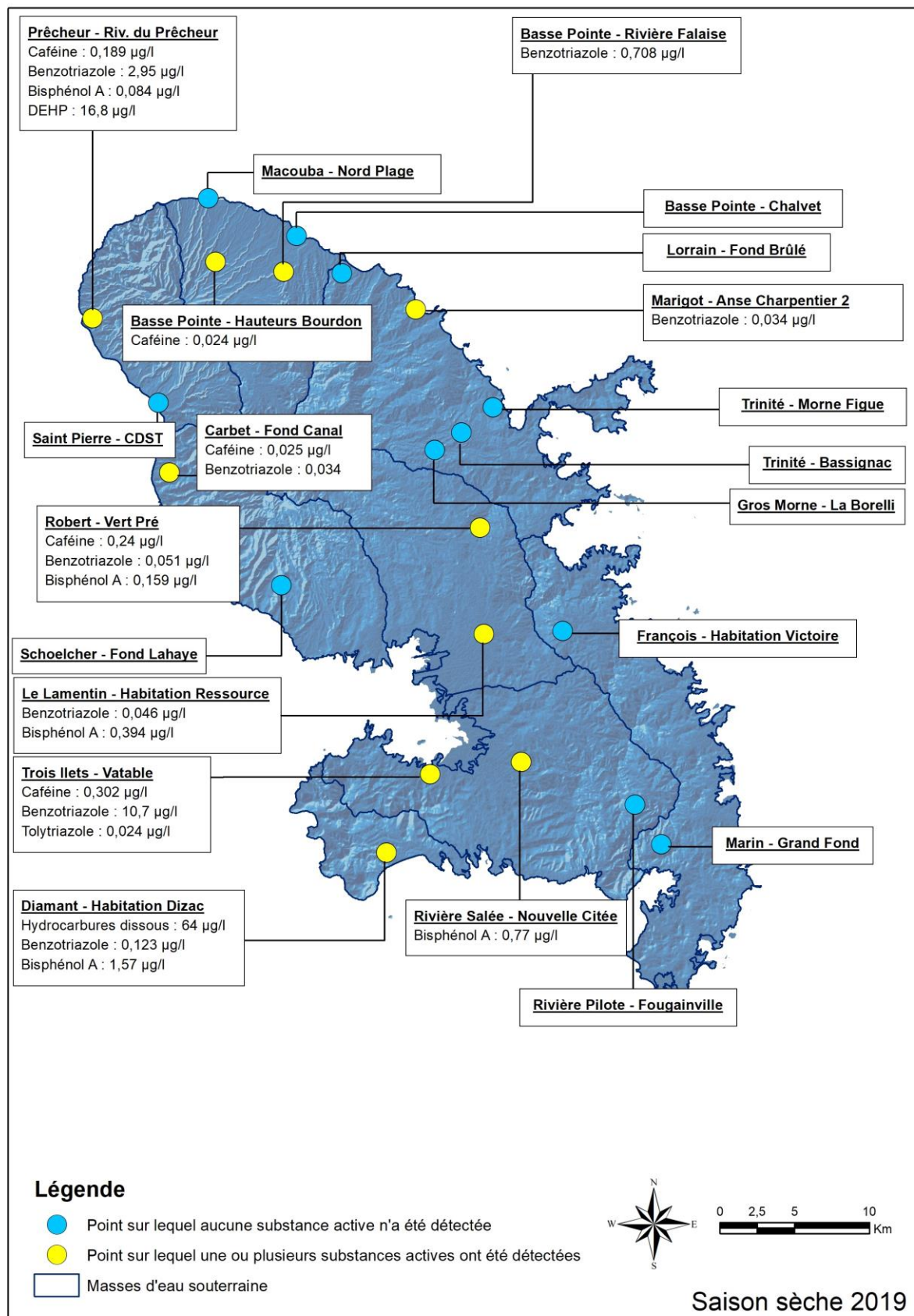


Illustration 17 : Substances actives quantifiés en saison sèche 2019

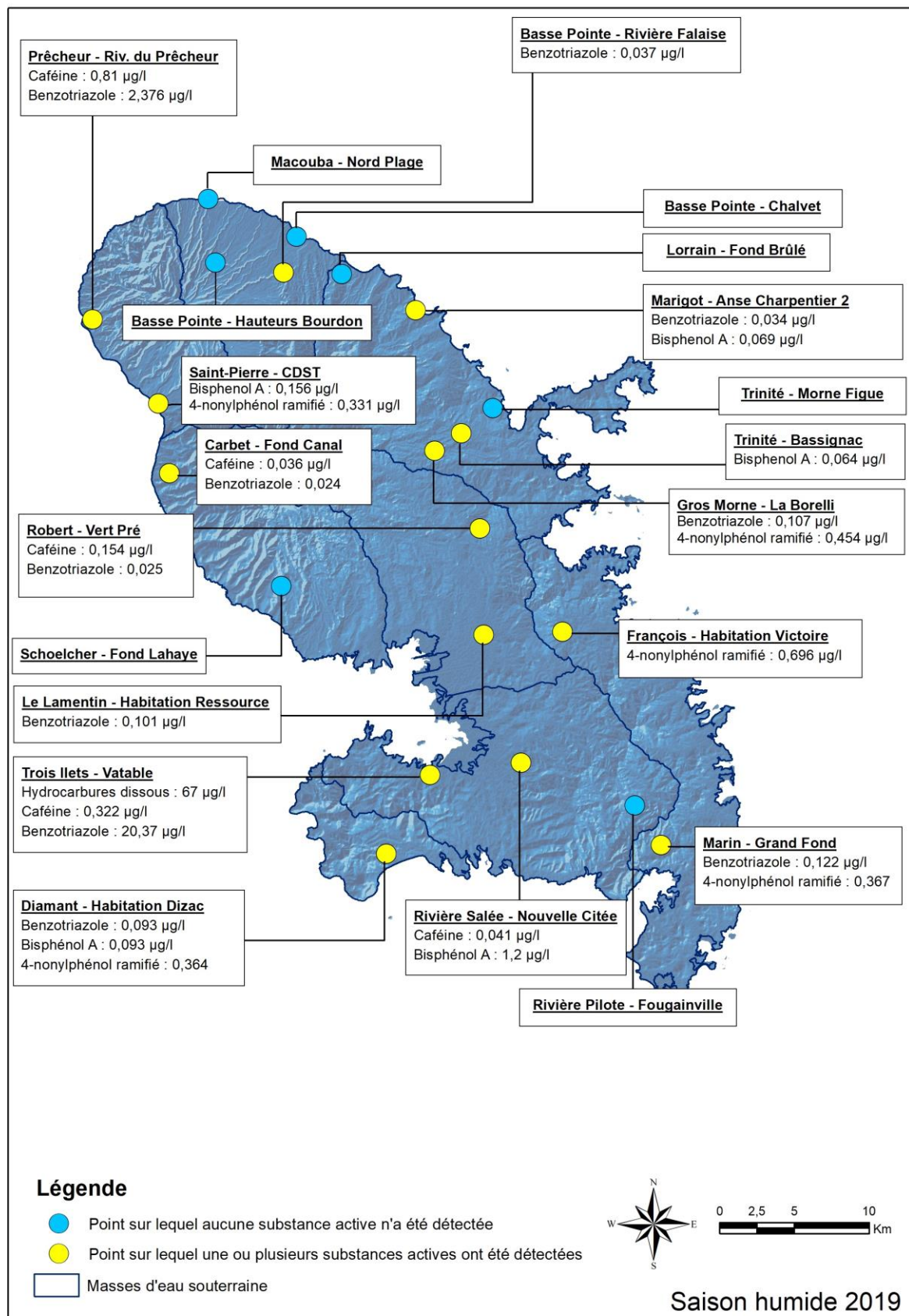


Illustration 18 : Substances actives quantifiées en saison humide 2019



## 6. Principales observations sur la période 2004-2019

L'observation de l'état du réseau de surveillance qualité depuis le début de son suivi, de 2004 à 2019, permet de mettre en évidence des différences d'état qualitatif des stations par rapport à la dernière année de suivi, même si le réseau qualité a sensiblement évolué en seize ans d'existence. Ces observations prennent en compte les 4 stations remplacées pour diverses raisons au cours de l'évolution du réseau de surveillance, il s'agit de :

- Schoelcher - Fond Lahaye (code 1177ZZ0161) abandonnée en novembre 2010 ;
- Basse Pointe – Socco Gradis (code 1166ZZ0019) abandonnée en novembre 2012 ;
- Marigot – Anse Charpentier (code 1169ZZ0006) abandonnée en avril 2014 ;
- Basse Pointe – Socco Gradis Amont (code 1166ZZ0032) abandonnée en novembre 2015.

### 6.1. LES SUBTANCES INORGANIQUES

La moyenne des moyennes annuelles de l'ammonium au Robert – Vert Pré dépasse le seuil de 0,5 mg/l avec une *Mma* de 0,611 mg/l de 2007 à 2019. On observe cependant des valeurs systématiquement en-dessous du seuil ou de la limite de quantification depuis 2014.

Les autres dépassements en éléments majeurs sont justifiés par un risque de fond géochimique élevé en fer relevés sur 7 stations (Prêcheur – Rivière du Prêcheur, Trinité – Morne Figue, Carbet – Fond Canal, Robert – Vert Pré, Lamentin - Habitation Ressource, Diamant – Habitation Dizac et Trois-Ilets - Vatable), en manganèse sur 8 stations (Marigot – Anse Charpentier 2, Gros Morne – La Borelli, Schoelcher – Fond Lahaye, Carbet – Fond Canal, Robert – Vert Pré, Lamentin - Habitation Ressource, Rivière Salée – Nouvelle Cité et Diamant – Habitation Dizac) et en chlorure et sodium pour 2 stations (Rivière Salée – Nouvelle Cité et Vatable - Trois Ilets).

### 6.2. LES NITRATES

Les stations du réseau peuvent être classées selon trois groupes de valeurs en fonction des Moyennes des moyennes annuelles (*Mma*) des concentrations en nitrates :

- < 10 mg/L (considérée comme la valeur référence d'« anthropisation ») ; groupe qui concerne 15 stations dont 2 qui ne font plus partie du réseau actuel ;
- $10 \text{ mg/L} \leq Mma < 30 \text{ mg/L}$  ; groupe qui concerne 7 stations dont 2 qui ne font plus partie du réseau actuel ;
- $\geq 30 \text{ mg/L}$ , il s'agit des 3 stations : Chalvet, Rivière Falaise et de Macouba - Nord Plage (cf. Illustration 19).

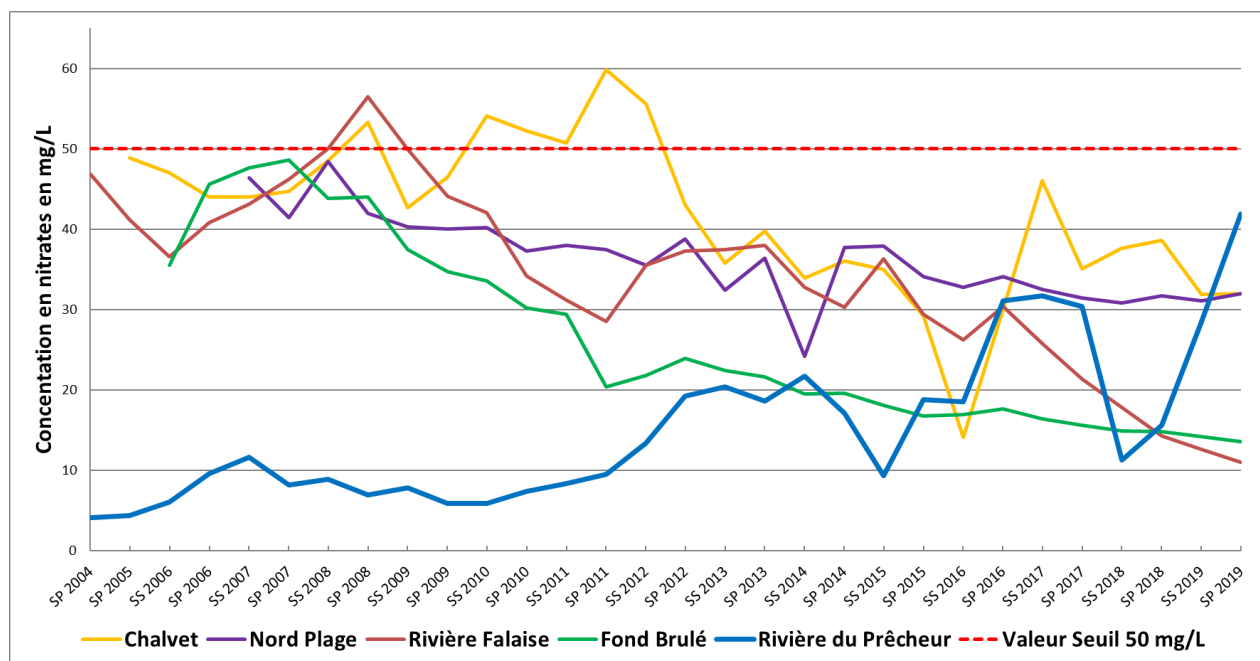


Illustration 19 : Evolution des nitrates pour les 5 stations les plus impactées du réseau

Les résultats d'analyse des nitrates montrent que seules deux stations à Basse Pointe ont montré des dépassements de la valeur seuil fixée à 50 mg/l depuis le début du suivi.

Des dépassements à Chalvet ont été observés en SP 2008 puis de 2010 jusqu'à la saison sèche de 2012 avec une concentration maximale de 59,8 mg/l (SP 2011). Une diminution était observée jusqu'en 2016, tandis que la moyenne tourne autour de 35 mg/l depuis 3 ans. Le suivi mensuel (§ 8.2) met en évidence des variations corrélées avec le niveau piézométrique.

En 2007 et 2008, les points de mesure Fond Brulé, Nord Plage ont présenté des concentrations proches de la valeur seuil fixée à 50 mg/l. Depuis, les concentrations n'ont cessé de diminuer et semblent se stabiliser respectivement autour de 15, 30 et 10 mg/l.

Rivière du Prêcheur mesurait des concentrations autour de 10 mg/l jusqu'en 2011, depuis elles augmentent et atteignent en SP2019 41,9 mg/l. Notons que les variations en nitrates semblent décorréées au niveau piézométrique (fluctuations pluriannuelles) avec un décalage d'environ 5 mois. Ces variations sont représentées sur l'illustration 20.



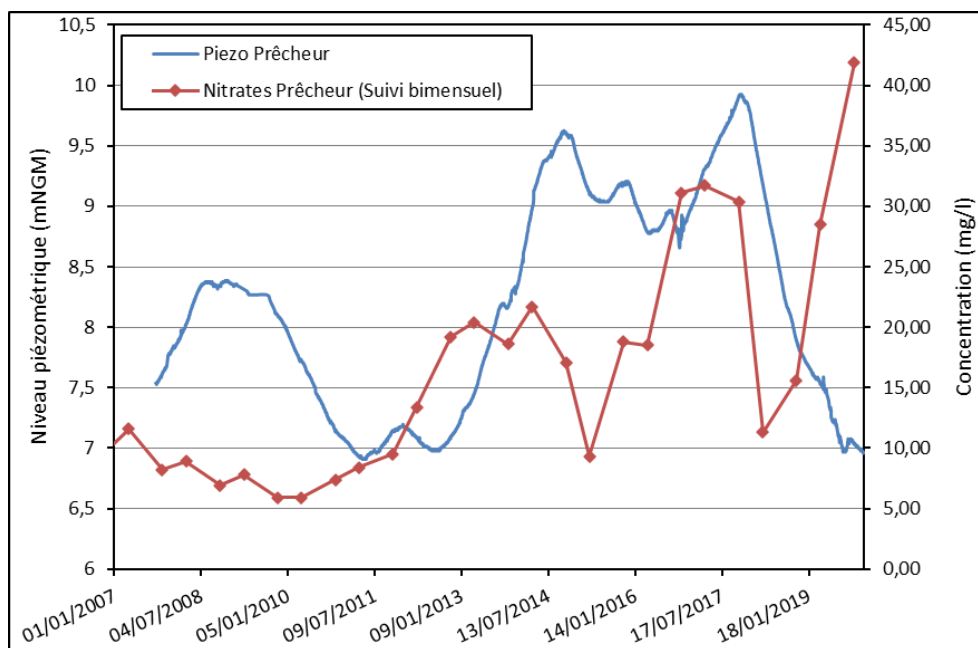


Illustration 20 : Relations entre piézométrie et concentration en nitrates au point Prêcheur - Rivière du Prêcheur

### 6.3. LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

Le bilan du suivi en produits phytosanitaires de 2004 à 2019 permet de distinguer :

- **Les produits interdits détectés ponctuellement :**

▪ **Interdiction établie avant 2004**

	Molécules	Année d'interdiction	Stations et périodes concernées
Insecticide	Alpha HCH	1998 : métabolite Lindane	Pontuellement jusqu'en 2010
	Epsilon HCH		
Herbicide	Atrazine	2003	4 stations aucun dépassement
	Déisopropylatrazine	métabolite Atrazine	4 stations aucun dépassement
	Mono-linuron	1988	Marigot - Anse Charpentier & Robert - Vert Pré en SS 2007 (> 0,1µg/L)
	Hydroxyterbutylazine	métabolite Terbutylazine	Macouba - Nord Plage en SS 2013
	Terbutylazine	2004	Lamentin - Habitation Ressource en SP 2008
Fongicide	Biphényl	1987	Basse Pointe - Rivière Falaise en SS 2006
	Congénère 138	1987	Gros Morne - La Borelli en SP 2006

▪ **Interdiction établie à partir ou après 2004**

	Molécules	Année d'interdiction	Stations et périodes concernées
Fongicide	Hexaconazole	2007	1 détection SS 2012
Insecticide	Asulam	2012	Dépassements ponctuels à Vatable, CDST et Rivière Falaise, première détection à Habitation Dizac en SS 2019
	Chlorfenvinphos	2007	Carbet - Fond Canal en SS 2009 (> 0,1 µg/L)
	Fenthion	2004	Détecté à Fougainville en SS 2009
	Flufenoxuron	2012	Lamentin - Habitation Ressource en SS 2013
	Propoxur	2010	1 dépassement à Rivière Falaise en SS 2006
Herbicide	Imazaméthabenz méthyle	2006	Basse Pointe - Socco Gradis en SS 2009
	Métoxuron	2007	5 stations en SS 2012
Nématicide	Aldicarbe	2007	1 détection à Chalvet en SS 2006

- **Les produits interdits détectés régulièrement :**

▪ Interdiction établie avant 2004

	Molécules	Année d'interdiction	Principales périodes/Stations
Insecticide	Lindane	1998	5 stations concernées au moins une fois, plus de détection depuis 2015
	Beta HCH	métabolite Lindane	20 stations concernées au moins une fois
	Chlordécone	1993	19 stations concernées au moins une fois
	Chlordécone 5B-hydro	métabolite CLD	Analysé depuis 2009
	Chlordécol	métabolite CLD	Analysé depuis 2014
	Dieldrine	1972	6 stations concernées au moins une fois, aucune dépassement
Herbicide	Heptachlore époxyde	1973	11 stations concernées au moins une fois
	Amétryne	2003	Chalvet depuis 2009, aucun dépassement
	Bromacil	2003	4 stations en dépassement
	Métolachlore	2003	SS 2012, Basse Pointe en SP 2014 et SS 2015, sinon ponctuel
	Métolachlor ESA	métabolite Métolachlore	Début du suivi en 2015
	Métolachlor OXA	métabolite Métolachlore	
	Monuron	1994	De 2007 à 2010, en baisse progressive ; inférieur à LQ depuis 2014

▪ Interdiction établie après 2004

	Molécules	Année d'interdiction	Principales périodes/Stations
Insecticide	Imidaclopride	2018	Détections régulières sur Chalvet, début du suivi en 2015
Herbicide	Diuron	2008	9 stations concernées en SS 2009, 3 stations depuis 2011
	Hexazinon	2008	Dépassements jusqu'en 2007 à Rivière Falaise
Fongicide	Carbendazime	2008	Dépassements au Gros Morne
	Triclocarban	2010	Début du suivi en 2015

- **Les produits autorisés détectés ponctuellement :**

	Molécules	Principales périodes/Stations
Herbicide	Glyphosate / Ampa	SP 2006 et SS 2007
	Isoproturon 2CH3	4 détections en SP 2009
	Linuron	SS2007
	Mécoprop	1 détection au Marin en SP 2009
	Mésotrione	1 dépassement SP 2009 Habitation Victoire
Fongicide	Imazalil	4 détections
	Tebuconazole	8 détections en SS 2011
	Difeconazole	1 détection à Habitation Ressource en SP 2019
Autres	Piperonyl butoxide	1 détection SS 2014 au Diamant et 1 détection à Vatable en SP 2019

Aucun de ces éléments ne dépasse la fréquence de dépassement de 20% sur les seize années de suivi.

- **Les produits autorisés détectés régulièrement :**

	Molécules	Principales périodes/Stations
Fongicide	Métalaxyl	Chalvet : freq de dépassement de 26 %
	Propiconazole	Chalvet : freq de dépassement de 69 %



## 7. Evaluation de l'état qualitatif DCE des masses d'eau souterraine sur un cycle de gestion 2014 - 2019

### 7.1. ÉTAPE 1 : ÉVALUATION DE L'ÉTAT CHIMIQUE

La température est un paramètre déclassant pour toutes les masses d'eau souterraine. En effet, l'ensemble des *Mma* calculées ont une valeur qui dépasse la valeur seuil utilisée pour la France métropolitaine qui est de 25°C. Toutefois, compte-tenu du climat régnant en Martinique, climat tropical maritime, engendrant une température moyenne annuelle de 27,5°C, la valeur seuil nationale ne peut être appliquée.

Rappelons également que la DCE exige une concentration inférieure à 0,1 µg/L pour l'ensemble des substances actives (produits phytosanitaires) et la restreint à 0,03 µg/L pour trois molécules (dieldrine, aldrine et heptachlore). L'annexe 4 reprend les analyses des produits phytosanitaires détectés sur le cycle DCE de 6 ans (2014-2019).

#### 7.1.1. Masse d'eau Pelée-Est

La masse d'eau souterraine Pelée-Est est suivie par deux sources (dont un remplacement de point d'eau en 2016) et deux forages. Tous font partie à la fois du réseau de contrôle de surveillance (RCS) et du réseau de contrôle opérationnel (RCO).

##### Molécules inorganiques

Aucun dépassement de *Mma* ou fréquence n'est constaté pour les paramètres inorganiques de 2014 à 2019.

##### Produits phytosanitaires

Sur les 5 stations du réseau étudiées sur la période 2014-2019 (avec l'abandon d'un point d'eau en 2016) et appartenant à la masse d'eau Pelée-Est, 4 affichent des *Mma* en produits phytosanitaires non conformes aux exigences de la DCE à l'exception de la source Basse Pointe – Hauteurs Bourdon.

Pour la masse d'eau Pelée-Est, les molécules affichant des *Mma* qui dépassent ces exigences sont, par ordre décroissant, la chlordécone pour 4 stations, la dieldrine et le bromacil pour 3 stations, la chlordécone 5b-hydro, le métolachlore ESA et le bêta HCH pour 2 stations, ainsi que le propiconazole pour une station.

La masse d'eau Pelée-Est est connue pour sa forte densité de bananeraies. Depuis les années 1980 et jusqu'en 1993, l'insecticide chlordécone a été couramment utilisé pour lutter contre le charançon. Les concentrations importantes proviennent donc d'anciennes pratiques agricoles et le transfert de cette substance dans les eaux souterraines via l'infiltration de l'eau de pluie. La persistance de cette molécule dans le milieu naturel est de l'ordre du siècle, raison pour laquelle les concentrations mesurées longtemps après son interdiction dépassent encore les exigences de la DCE avec des facteurs souvent supérieurs à 10.

La chlordécone n'a pas été l'unique produit utilisé dans les bananeraies de la famille des organochlorés. Des insecticides et nématicides ont également été utilisés, intégrant notamment le bêta HCH ou la dieldrine comme substances actives. Ces substances, interdites depuis le milieu des années 90 en raison de leur toxicité et de leur rémanence, se retrouvent encore dans les eaux souterraines.

## Conclusion

Pour la masse d'eau Pelée-Est, les produits phytosanitaires sont le paramètre responsable de la mise en œuvre d'une enquête appropriée afin de valider son état chimique DCE.

### 7.1.2. Masse d'eau Pelée-Ouest

La masse d'eau souterraine Pelée-Ouest est composée de deux piézomètres, tous faisant partie du réseau de contrôle de surveillance.

#### Molécules inorganiques

Le point Prêcheur – Rivière du Prêcheur présente un dépassement pour le fer en SS 2019 et pour la moyenne de l'année mais la fréquence de dépassement sur la période 2014-2019 n'est que de 6%.

Le fond géochimique élevé en fer et manganèse concerne l'ensemble des masses d'eau souterraine du bassin Martinique ; ceux-ci ne pourront donc être considérés comme des paramètres déclassant.

Les *Mma* en nitrates sont toutes inférieures à la norme de qualité de 50 mg/l.

#### Produits phytosanitaires

Sur cette masse d'eau, aucune station ne connaît de *Mma* dépassant l'exigence de la DCE.

## Conclusion

La masse d'eau Pelée-Ouest ne présente aucun paramètre déclassant ; elle est considérée en bon état qualitatif DCE.

### 7.1.3. Masse d'eau Jacob-Est

La masse d'eau souterraine Jacob-Est est contrôlée sur les 6 dernières années par 5 forages (dont un remplacement en 2015) et 1 source ; tous font partie à la fois du réseau de contrôle de surveillance et du réseau de contrôle opérationnel.

#### Molécules inorganiques

Une étude du fond géochimique des eaux souterraines a été menée en 2013 et a permis de délimiter des zones locales à risque de fond géochimique élevé ou une zone étendue à tout le territoire pour plusieurs éléments chimiques, en particulier : l'arsenic, le fer et le manganèse (Illustration 13). Les résultats de cette étude figurent dans le rapport Arnaud et al., 2013. Suite à ces délimitations et sachant qu'un fond géochimique élevé peut entraîner des concentrations supérieures aux normes de potabilité, de nouvelles valeurs seuils DCE ont été proposées dans le but de ne pas déclasser une masse d'eau dont les concentrations en éléments chimiques ne s'expliquent pas par des pollutions mais par le fond géochimique naturel des eaux souterraines. Ces nouvelles valeurs seuils,

qui n'ont cependant pas de valeur réglementaire aujourd'hui, sont récapitulées dans l'illustration 21. Comme précisé dans ce tableau, à chaque valeur seuil proposée est associée une zone d'emprise.

Plusieurs paramètres retrouvés à des concentrations supérieures à leurs valeurs seuils peuvent être expliqués par le fond géochimique élevé. L'ancienne station du Marigot - Anse Charpentier, présente 3 paramètres avec des *Mma* supérieures à la réglementation (notons que dans le cas de cette station abandonnée, la *Mma* ne concerne en réalité que la SS 2014) :

- l'arsenic avec une *Mma* à 12,6 µg/L (valeur seuil à 10 µg/L, réévaluée à 50 µg/L) ;
- le fer avec une *Mma* de 1,207 mg/L (valeur seuil à 0,2 mg/L, réévaluée à 1,8 mg/L) ;
- le manganèse avec une *Mma* de 96 µg/L (valeur seuil fixée à 50 µg/L, réévaluée à 300 µg/L). Anse Charpentier 2 qui remplace le forage précédent présente aussi des concentrations en 2019 supérieures aux normes en manganèse avec une moyenne annuelle de 121,35 µg/L.

Paramètres	Valeur seuil actuelle	Masse d'eau souterraine	Nouvelles valeurs seuils	
			Concentration	Emprise
Arsenic	10 µg.L <sup>-1</sup>	Nord Atlantique	50 µg.L <sup>-1</sup>	locale (forage Anse Charpentier)
Chlorures	200 mg.L <sup>-1</sup>	Centre	500 mg.L <sup>-1</sup>	locale (fond géochimique élevé)
		Sud Atlantique	300 mg.L <sup>-1</sup>	masse d'eau
		Sud Caraïbes	500 mg.L <sup>-1</sup>	masse d'eau
Sodium	200 mg.L <sup>-1</sup>	Centre	300 mg.L <sup>-1</sup>	locale (fond géochimique élevé)
		Sud Caraïbes	350 mg.L <sup>-1</sup>	masse d'eau
Fer	200 µg.L <sup>-1</sup>	Nord Atlantique	1 800 µg.L <sup>-1</sup>	locale (forage Anse Charpentier)
		Centre	400 µg.L <sup>-1</sup>	masse d'eau
		Sud Atlantique	800 µg.L <sup>-1</sup>	masse d'eau
Manganèse	50 µg.L <sup>-1</sup>	Nord Atlantique	300 µg.L <sup>-1</sup>	masse d'eau
		Nord Caraïbes	250 µg.L <sup>-1</sup>	masse d'eau
		Centre	300 µg.L <sup>-1</sup>	masse d'eau
		Sud Caraïbes	200 µg.L <sup>-1</sup>	masse d'eau

Illustration 21 : Tableau récapitulatif des nouvelles valeurs seuils proposées (Arnaud et al., 2013)

## Produits phytosanitaires

Sur cette masse d'eau, quatre stations connaissent des *Mma* en pesticides dépassant l'exigence de la DCE.

Parmi les molécules phytosanitaires déclassant la masse d'eau Jacob-Est on retrouve la chlordécone avec 4 stations ainsi que le chlordécol, la chlordécone 5b-hydro, le bêta HCH et la dieldrine avec 1 station. Le forage du Lorrain affiche les concentrations les plus importantes en chlordécone avec une *Mma* de 25,97 µg/L. Sur ce même point, deux métabolites de la chlordécone affichent des concentrations supérieures aux exigences DCE : la chlordécone 5B hydro avec une *Mma* de 0,46 µg/L et le chlordécol avec une *Mma* de 0,16 µg/L.

## Conclusion

L'ensemble des dépassements en molécules inorganiques pouvant être justifié par du fond géochimique élevé, pour la masse d'eau Jacob-Est, 5 produits phytosanitaires (dieldrine, chlordécone, bêta HCH, chlordécone 5B hydro, chlordécol) engendrent la mise en œuvre d'une enquête appropriée.

### 7.1.4. Masse d'eau Carbet

La masse d'eau souterraine Carbet est composée de deux piézomètres, tous faisant partie du réseau de contrôle de surveillance.

#### Molécules inorganiques

Deux éléments chimiques présentent des *Mma* supérieures aux normes : le fer (seuil à 0.2 mg/L) sur le point de Carbet - Fond Canal (8,43 mg/L) et le manganèse toujours sur le Carbet avec 1042,95 µg/L et à Schœlcher – Fond Lahaye avec 187,94 µg/L (seuil à 50 µg/L).

Le fond géochimique élevé en fer et manganèse concerne l'ensemble des masses d'eau du bassin Martinique ; ceux-ci ne pourront donc être considérés comme des paramètres déclassant.

Les *Mma* en nitrates sont toutes inférieures à la norme de qualité fixée au niveau européen.

#### Produits phytosanitaires

Sur cette masse d'eau, la *Mma* dépasse le seuil fixé pour le glufosinate ammonium au niveau du piézomètre de Schoelcher – Fond Lahaye avec 0,28 µg/l. Avec trois analyses réalisées sur le cycle de 6 ans et un unique dépassement, le niveau de confiance est jugé faible pour ce paramètre.

## Conclusion

L'ensemble des dépassements en molécules inorganiques pouvant être justifié par du fond géochimique élevé, la masse d'eau Carbet ne présente aucun paramètre déclassant ; elle est considérée en bon état qualitatif DCE.

### 7.1.5. Masse d'eau Jacob Centre

La masse d'eau souterraine Jacob Centre est composée de deux stations qui appartiennent au réseau de contrôle de surveillance ainsi qu'au réseau de contrôle opérationnel.

#### Physico-chimie *in situ*

L'étude de fond géochimique (Arnaud et al., 2013) a permis de compléter la caractérisation de la chimie des eaux souterraines de Martinique dont une première analyse avait été effectuée en 2008. Les résultats mettent en évidence une vaste zone à risque de fond géochimique élevé pour le sodium et les chlorures localisée dans le sud Caraïbes de la Martinique. L'étude des molécules inorganiques illustre ce constat.

## **Molécules inorganiques**

Le manganèse et le fer affichent des *Mma* dépassant les normes de potabilité nationales pour les deux stations. Ces dépassements sont liés à un risque de fond géochimique élevé.

Les concentrations en nitrates sont largement inférieures à la norme de qualité.

## **Produits phytosanitaires**

La chlordécone est la seule substance phytosanitaire dont la *Mma* dépasse les exigences DCE au forage Robert - Vert Pré avec 2,45 µg/L.

## **Conclusion**

En raison de la présence de produits phytosanitaires, une enquête appropriée doit être menée sur la masse d'eau Jacob Centre afin de définir son état chimique général DCE.

### **7.1.6. Masse d'eau Vauclin-Pitault**

Cette masse d'eau souterraine est composée de deux forages du réseau de contrôle de surveillance.

#### **Physico-chimie *in situ***

La conductivité affiche un dépassement systématique et une *Mma* nettement supérieure à la valeur seuil nationale pour le point François – Habitation Victoire : 1607 µS/cm (pour une valeur seuil à 1100 µS/cm). Ceci provient de la forte minéralisation de l'eau au droit du forage, notamment en chlorure, néanmoins aucune *Mma* ne dépasse les valeurs seuils en molécules inorganiques.

#### **Produits phytosanitaires**

La chlordécone montre une *Mma* au-delà des exigences DCE sur la station du François - Habitation Victoire avec une valeur de 0,31 µg/L.

#### **Conclusion**

La masse d'eau Vauclin-Pitault doit faire l'objet d'une enquête appropriée en raison de la présence de chlordécone.

### **7.1.7. Masse d'eau Miocène**

La masse d'eau souterraine Miocène est composée de trois stations appartenant au réseau de contrôle de surveillance dont un appartenant au réseau de contrôle opérationnel.

#### **Physico-chimie *in situ***

D'un point de vue physico-chimique, le piézomètre de Trois-Ilets – Vatable et le forage de Rivière Salée – Nouvelle Cité affichent un dépassement pour la conductivité électrique avec une fréquence de 100% (valeur seuil nationale de 1100 µS/cm) et des *Mma* de 1650 µS/cm pour le premier et de 1537 µS/cm pour ce dernier. L'étude de fond géochimique (Arnaud et al., 2013) a permis de compléter la caractérisation de la chimie des eaux souterraines de Martinique dont une première analyse avait été effectuée en 2008. Les résultats mettent en évidence une vaste zone à risque de

fond géochimique élevé pour le sodium et les chlorures localisée dans le Sud Caraïbes de la Martinique. L'étude des molécules inorganiques illustre ce constat.

### **Molécules inorganiques**

Le point des Trois Ilets enregistre un dépassement systématique de la valeur seuil pour le sodium avec une *Mma* à 230 mg/L (valeur seuil à 200 mg/L). Les fortes concentrations en sodium mais également en chlorures touchent aussi le forage de Rivière Salée - Nouvelle Cité localisé dans le Nord de la masse d'eau Miocène. Ces fortes teneurs sont à l'origine de la conductivité électrique importante mesurée au droit du forage et sont dues à un fond géochimique élevé.

Les concentrations en nickel, élément non cité dans l'étude sur le fond géochimique, dépassent le seuil fixé à 20 µg/l avec une *Mma* de 52,52 µg/l sur un cycle DCE, néanmoins l'indice de confiance reste moyen en raison du nombre d'analyse limité à 6 sur toute la période.

Les concentrations en nitrates sont inférieures à la norme de qualité.

### **Produits phytosanitaires**

Le piézomètre de Rivière Pilote - Fougainville montre une non-conformité au regard de la DCE en chlordécone avec une *Mma* 2,11 µg/L.

La station Vatable – Trois-Ilets présente un dépassement en glufosinate-ammonium avec une *Mma* de 0,36 µg/l. Avec trois analyses réalisées sur le cycle de 6 ans et un unique dépassement, le niveau de confiance est jugé faible pour ce paramètre.

### **Conclusion**

En raison de la présence de produits phytosanitaires et de métaux lourds, une enquête appropriée doit être menée sur la masse d'eau Miocène afin de définir son état chimique général DCE.

#### **7.1.8. Masse d'eau Trois Ilets**

La masse d'eau souterraine Trois Ilets se compose d'un forage appartenant au réseau de contrôle de surveillance.

### **Molécules inorganiques**

Le point Habitation Dizac – Diamant enregistre un dépassement de la valeur seuil pour l'élément fer avec une *Mma* s'élevant à 0,56 mg/L, sachant que la valeur seuil est de 0,2 mg/L. Cette concentration est due à un fond géochimique élevé.

Les concentrations en nitrates sont largement inférieures à la norme de qualité.

### **Produits phytosanitaires**

Sur cette masse d'eau, aucune station ne connaît de *Mma* dépassant l'exigence de la DCE.

## Conclusion

L'ensemble des dépassements en molécules inorganiques se justifie par un fond géochimique élevé. La masse d'eau Trois Ilets ne présente aucun paramètre déclassant ; elle est considérée en bon état qualitatif DCE.

### 7.1.9. Résumé

L'illustration 22 présente les résultats de l'état qualitatif DCE sur la période de 2014 à 2019 des 21 stations. Dix stations réparties sur les 8 masses d'eau du bassin Martinique ne sont pas conformes aux exigences de la DCE à l'étape 1 de l'évaluation de l'état qualitatif ; elles concernent les 5 masses d'eau Pelée-Est, Jacob Est, Jacob Centre, Miocène et Vauclin-Pitault. Par conséquent, les 3 masses d'eau Pelée-Ouest, Carbet et Trois Ilets sont en bon état qualitatif.

Masse d'eau	n° BSS	Communes	Lieu dit	Concentration en nitrates	Concentrations des substances actives des produits phytosanitaires	Somme des concentrations des substances actives des produits phytosanitaires	Qualité des stations de surveillance
				50 mg/l	0,1 µg/l*	0,5 µg/l	
Pelée-Est	1166ZZ0026	Basse Pointe	Chalvet		BRO, CLD, DIE, ESA, PRO		
	1166ZZ0020	Basse Pointe	Hauteurs Bourdon				
	1166ZZ0023	Macouba	Nord Plage		βHCH, CLD, 5B-H, DIE		
	1168ZZ0054	Basse Pointe	Rivière Falaise		BRO, CLD, DIE, ESA		
Pelée-Ouest	1167ZZ0045	Saint Pierre	CDST				
	1167ZZ0024	Prêcheur	Rivière du Prêcheur				
Jacob-Est	1169ZZ0184	Marigot	Anse Charpentier 2		CLD		
	1175ZZ0190	Trinité	Bassignac		CLD		
	1169ZZ0084	Lorrain	Fond Brulé		βHCH, CLD, 5B-CLD, CLDoI		
	1174ZZ0088	Gros Morne	La Borelli				
Carbet	1175ZZ0153	Trinité	Morne Figue		CLD		
	1177ZZ0177	Schoelcher	Fond Lahaye				
Jacob Centre	1172ZZ0063	Carbet	Fond Canal				
	1175ZZ0106	Robert	Vert Pré		CLD		
Vauclin-Pitault	1179ZZ0070	Lamentin	Habitation Ressource				
	1186ZZ0118	Marin	Grand Fond				
Miocène	1179ZZ0228	François	Habitation Victoire		CLD		
	1182ZZ0160	Rivière Salée	Nouvelle Cité				
	1183ZZ0052	Rivière Pilote	Fougainville		CLD		
Trois Ilets	1181ZZ0132	Trois Ilets	Vatable				
	1184ZZ0001	Diamant	Habitation Dizac				



Exigence DCE respectée

Exigence DCE non respectée

\* Exceptions : dieldrine, aldrine, heptachlore : 0,03 µg/l



Exigence DCE respectée

Exigence DCE non respectée

Abréviations des paramètres déclassants

Beta HCH : βHCH

Bromacil : BRO

Chlordécone : CLD

Chlordécone 5b-hydro : 5B-H

Chlordécol : CLDoI

Dieldrine : DIE

Métolachlor ESA : ESA

Propiconazole : PRO

Illustration 22 : Tableau récapitulatif de l'état du réseau qualitatif par station sur la période 2014-2019

La réalisation de l'illustration 22 a nécessité l'utilisation des *Mma* et sommes calculées en produits phytosanitaires pour l'ensemble des points de mesures. Ces données sont présentées en Annexe 5 et Annexe 6.

## 7.2. ÉTAPE 2 : ENQUÊTES APPROPRIÉES

Les résultats de la première étape de l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraine ont révélé qu'une enquête appropriée devait être menée sur 5 masses d'eau : Pelée-Est, Jacob Est, Jacob Centre, Vauclin-Pitault et Miocène. Seules les 3 masses d'eau Pelée-Ouest, Carbet et Trois Ilets ne sont pas concernées par cette seconde étape.

### 7.2.1. Test des 20% de la surface dégradée

Chaque masse d'eau concernée par l'enquête approprié est soumise au test des 20% de surfaces dégradées.

Les surfaces potentiellement dégradées à l'échelle du département ont été évaluées à partir des bases de données issues du :

- Registre Parcellaire Graphique de 2017 (RPG 2017) fournie par la DAAF (Direction de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt). Les surfaces ne présentant pas de risque vis-à-vis de la dégradation de la qualité des masses d'eau ont été écartées telles que les bois pâturés ou encore les prairies en rotation longue et permanente.
- SIG Chlordécone élaboré par le BRGM pour le compte de la DAAF (Desprats, 2010 et 2018). Les parcelles ne présentant pas de détection de chlordécone ont été écartées.

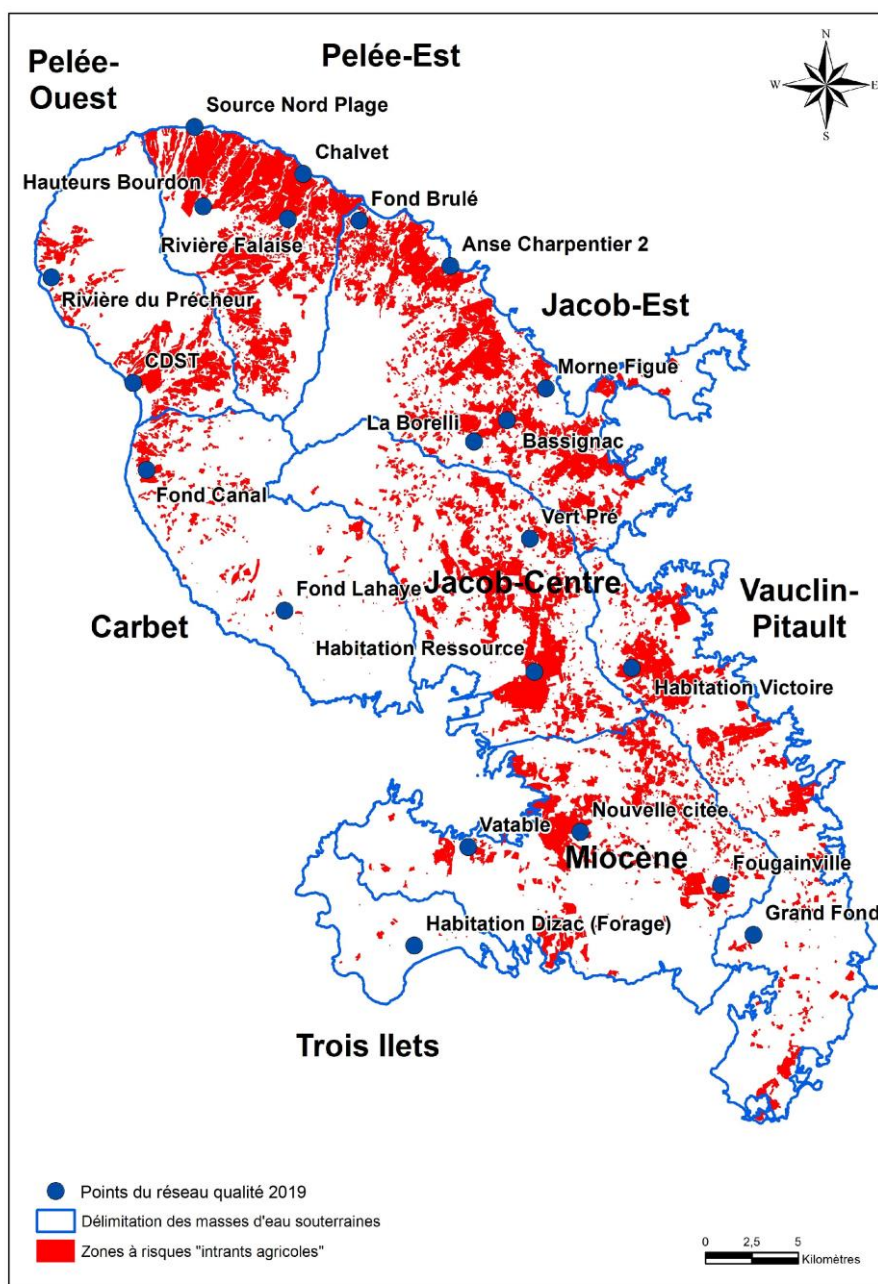
Une représentation cartographique des zones considérées à risques combinant les informations recueillies au sein de ces bases de données est présentée en l'illustration 23.

De façon très nette, les masses d'eau Pelée Est et Jacob Est sont couvertes par plus de 20 % de surfaces dégradées, avec respectivement 36% et 23% de surface dégradée.

Les masses d'eau Trois Ilets, Carbet, Miocène, Pelée-Ouest et Vauclin-Pitault respectivement 0,5%, 4,3%, 12,8%, 13,2% et 13,3% de zone à risque de pollution. Elles sont donc qualifiées en bon état qualitatif DCE vis-à-vis de ce test.

La surface supposée dégradée de la masse d'eau Jacob Centre initialement évaluée à 19% de la superficie totale est considérée supérieure à 20 % après la prise en compte de l'étude de pollution des sources complémentaires (rapport BRGM-64739-FR).





Masse d'eau	% de zone à risque moyen à fort (intrants agricoles non hiérarchisés)
PELEE EST	35,6%
PELEE OUEST	13,2%
JACOB EST	23,0%
CARBET	4,3%
JACOB CENTRE	> 20 %
VAUCLIN - PITAULT	13,3%
MIOCENE	12,8%
TROIS ILETS	0,5%

Illustration 23 : Tableau des pourcentages des superficies concernées par masse d'eau souterraine et carte de risque de contamination des eaux souterraines par les intrants agricoles correspondante

### 7.2.2. Test : eaux de surface

Actuellement, les connaissances sur les relations nappes-rivières sont insuffisantes pour répondre de manière pertinente à ce test sur le bassin Martinique ; à l'exception de la masse d'eau Jacob-Est. En effet, une étude approfondie a été réalisée sur la relation nappe-rivière dans le secteur de Rivière Falaise, sur la commune de Basse Pointe (Arnaud et al., 2013). Les conclusions aboutissent à une relation étroite entre la rivière Falaise et les eaux souterraines.

### 7.2.3. Test : écosystèmes terrestres

Actuellement en Martinique, les connaissances des relations chimiques entre les eaux souterraines et les zones humides ne permettent pas de répondre à ce test.

### 7.2.4. Test : intrusion salée ou autre (commun avec l'état quantitatif)

Malgré ce qui est indiqué dans l'évaluation de l'état quantitatif (§ 4.2.4), l'unique point Trois Ilets - Vatable se trouvant dans la même masse d'eau souterraine que le forage mis à l'arrêt ne présente pas de concentration excessive en sodium ou en chlorures indiquant une intrusion saline dans la masse d'eau souterraine. Ce constat est à considérer comme ayant un degré de confiance faible compte tenu de l'existence d'un seul point de surveillance sur toute la masse d'eau. Aucun autre pompage n'a été identifié comme engendrant une intrusion saline ou autre sur l'ensemble des masses d'eau. Le résultat de test est donc « bon » pour les 8 masses d'eau souterraine de Martinique.

### 7.2.5. Test : zones protégées AEP

Seules les masses d'eau Pelée-Est et Pelée-Ouest sont concernées par des captages AEP fournissant plus de 10 m<sup>3</sup>/j, néanmoins aucune augmentation du niveau de traitement ou de détérioration de la qualité de la ressource imputable aux activités humaines n'a été détectée jusqu'alors.

Les résultats des différents tests de classification des masses d'eau souterraine sont regroupés dans l'illustration 24 et une carte de synthèse de l'évaluation de l'état qualitatif est réalisée en illustration 25.

Les masses d'eau Pelée-Est, Jacob-Est et Jacob Centre apparaissent classées en état chimique DCE médiocre en raison de contaminations étendues aux pesticides organochlorés (surfaces dégradées supérieures à 20%). Malgré la présence des stations Rivière Pilote – Fougainville et François – Habitation Victoire en état médiocre respectivement implantées sur les masses d'eau Miocène et Vauclin-Pitault, la surface dégradée de celles-ci étant inférieure à 20%, elles sont considérées en bon état chimique.

MESO		Étape 1				Étape 2					Résultat		
Nom	Superficie Masse d'eau, en km <sup>2</sup>	Existe-t-il au moins 1 point ne répondant pas aux exigences de la DCE?	Nb de points ne répondant pas aux exigences de la DCE ?	Paramètres déclassants	Surface dégradée supérieure à 20% de la surf de la MESO	Usages humains potentiellement compromis	Présence d'un captage AEP > 10 m <sup>3</sup> /jour dans la zone dégradée	Si AEP nécessité d'un traitement supplémentaire excessif...	Incidence sur les cours d'eau associés	Incidence sur les écosystèmes associés	Intrusion saline anthropique observée	Niveau de confiance de l'évaluation	Etat de la Masse d'eau
Pelee-Est	106,6	Oui	3/4	Pesticides	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	?	Non	Moyen	Pelee-Est
Pelee-Ouest	93,8	Non	0/2	/	Oui	Oui	Oui	Non	?	?	Non	Faible	Pelee-Ouest
Jacob-Est	181,0	Oui	4/5	Pesticides	Oui	Oui	Oui	Non	?	?	Non	Faible	Jacob-Est
Carbet	143,6	Non	0/2	/	Oui	Oui	Oui	Non	?	?	Non	Faible	Carbet
Jacob Centre	161,0	Oui	1/2	Pesticides	Non	Oui	Non	Non	?	?	Non	Faible	Jacob Centre
Vauclin-Pitault	163,5	Oui	1/2	Pesticides	Non	Non	Non	Non	?	?	Non	Faible	Vauclin-Pitault
Miocène	191,8	Oui	1/3	Pesticides	Non	Non	Non	Non	?	?	Non	Faible	Miocène
Trois Ilets	41,3	Non	0/1	/	Oui	Oui	Oui	Non	?	?	Non	Faible	Trois Ilets

Evaluation établie selon les critères définis dans la note méthodologique générale transmise par la DIREN en juin 2007

\* Si la masse d'eau est en "bon état" mais que des points de mesure sont en "mauvais état", des mesures doivent être mises en place pour améliorer la qualité de l'eau en ces points (Article 4.5 de la "GWD" = Directive fille 2006/118/CE du 12 décembre 2006)

? Manque de connaissances

Bon état  
Etat médiocre

Illustration 24 : Résultats de l'enquête appropriée pour l'évaluation de l'état qualitatif des 8 masses d'eau souterraine de la Martinique

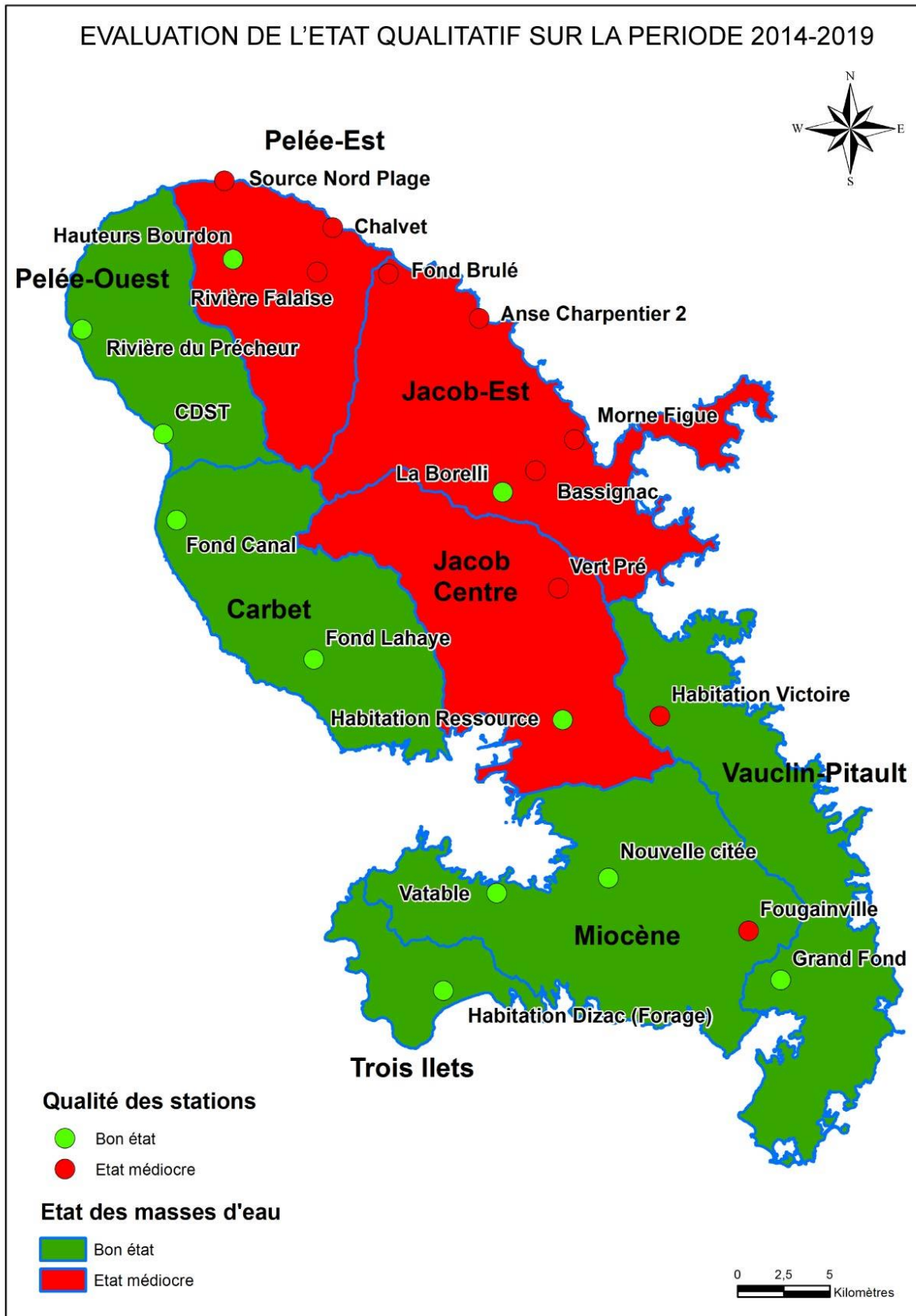


Illustration 25 : Carte de l'état qualitatif DCE des points d'eau et des masses d'eau souterraine dans le cadre de l'évaluation 2014 – 2019

## 8. Suivi mensuel de la contamination par les produits phytosanitaires sur deux piézomètres

À partir de décembre 2008, l'ODE Martinique et le BRGM ont décidé de mettre en place un suivi mensuel sur le piézomètre de Basse Pointe - Chalvet (indice BSS : BSS002NMGF) et sur la source de Trinité - Morne Figue (BSS002NNZK). L'objectif poursuivi était l'amélioration de la compréhension des processus de transfert des molécules phytosanitaires pour, *in fine*, mieux caractériser le risque de contamination des eaux souterraines, des cours d'eau et des écosystèmes associés.

Conformément aux conclusions du rapport annuel 2010 (Arnaud et al., 2011), le suivi mensuel a été abandonné sur la source de Trinité, en raison de l'impossibilité de suivre son débit en saison sèche. En accord avec l'ODE, le suivi mensuel a été reporté sur le piézomètre de Basse Pointe - Rivière Falaise (BSS002NMNS). De plus, les CFC et SF<sub>6</sub>, permettant la datation des eaux, ont été suivis mensuellement à partir d'avril 2013 sur ces deux piézomètres.

### 8.1. PRÉSENTATION DES DEUX POINTS DE SURVEILLANCE CONCERNÉS PAR LE SUIVI MENSUEL

Les forages de Chalvet et Rivière Falaise sont implantés sur la commune de Basse Pointe et appartiennent tous deux au réseau piézométrique de Martinique (masse d'eau Pelée-Est), avec un suivi en continu du niveau d'eau démarré respectivement en décembre 2005 et janvier 2005.

#### 8.1.1. Contexte géologique et hydrogéologique

Ces forages interceptent des dépôts pyroclastiques (coulées de ponces et nuées ardentes) de la Montagne Pelée.

La coupe géologique du forage de Chalvet souligne une altération importante avec une épaisseur d'argiles avoisinant les 17 m. Un horizon aquifère, à porosité de matrice est rencontré entre 17 m et 29 m. Le débit, au soufflage, avait été estimé entre 20 et 30 m<sup>3</sup>/h en fin de foration.

Quant à l'ouvrage de Rivière Falaise, il est implanté dans des nuées ardentes mal connues, sans informations à propos de l'épaisseur de la couverture argileuse. Par ailleurs, aucune donnée n'a été retrouvée concernant le débit au soufflage ou en cours de foration.

L'épaisseur de la zone non saturée varie entre 12,5 m et 18,5 m à Chalvet et entre 3 m et 3,9 m à Rivière Falaise.

Les fluctuations piézométriques enregistrées au droit des ouvrages de Chalvet et Rivière Falaise figurent en Illustration 26.

Le point Chalvet présente un régime pluriannuel avec une vidange enregistrée à partir de 2005 et qui s'étend jusqu'en 2008, une recharge de 2009 à 2011 (environ 3 ans), suivi d'une vidange qui semble s'étendre de 2012 à 2015 (environ 3 ans). Une période de recharge semble s'être amorcée durant l'année 2016 pour se terminer en 2018. Les données enregistrées de 2019 à début 2020 semblent confirmer la tendance à la baisse du niveau de la nappe.

Les 15 années de suivi n'ont pas permis d'établir un cycle hydrogéologique avec certitude, à l'éventuelle exception de la période 2009-2015. À ces variations s'ajoutent des fluctuations saisonnières.

La chronique enregistrée à Rivière Falaise présente des fluctuations piézométriques beaucoup plus réactives aux précipitations que celles de Chalvet ; ce phénomène est particulièrement visible au pas de temps horaire. Ces réactions rapides résultent d'une part de la faible épaisseur de la zone non saturée et d'autre part, d'une recharge par la nappe d'accompagnement de la rivière en période de crue (Arnaud et al., 2012). La rivière Falaise à proximité constituerait localement l'exutoire de la nappe : les fluctuations du niveau piézométrique sont ainsi tamponnées par le niveau de la rivière. Cette proximité de la rivière justifie également un battement de la nappe beaucoup moins important à Rivière Falaise qu'à Chalvet.

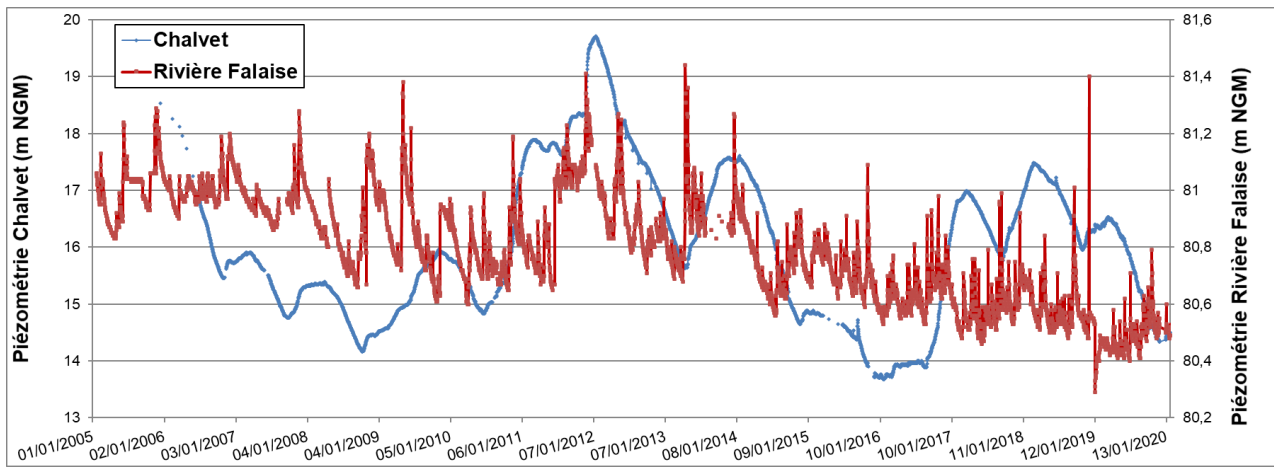


Illustration 26 : Chroniques piézométriques des forages Chalvet (en bleu) et Rivière Falaise (en rouge) au pas de temps journalier (janvier 2005 - janvier 2020)

En comparant les deux chroniques, le piézomètre de Rivière Falaise paraît impacté par des fluctuations pluriannuelles similaires à celles du piézomètre de Chalvet, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que les bassins d'alimentation de ces piézomètres sont en partie commun (cf. § suivant).

### 8.1.2. Pressions agricoles et contamination

L'étude réalisée en 2012 (cf. rapport BRGM/RP-61767-FR, Arnaud et al., 2012) a permis de proposer une première délimitation des bassins d'alimentation des deux forages situés sur la commune de Basse Pointe (Illustration 27).



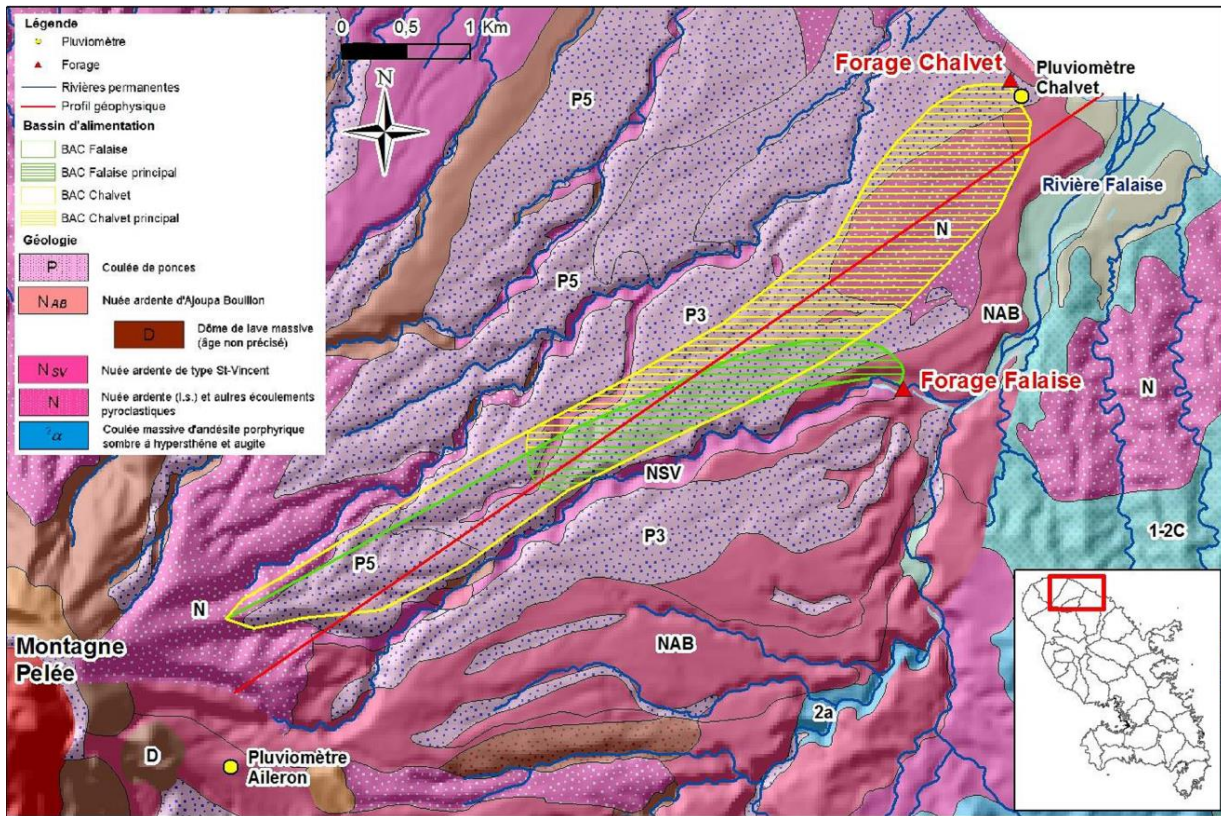


Illustration 27 : Délimitation approximative des bassins d'alimentation des forages Rivière Falaise et Chalvet (les zones hachurées correspondent aux principales zones de recharge) (Arnaud et al., 2013)

Par ailleurs, cette étude a mis en avant l'altitude des zones principales de recharge qui sont comprises entre 30 et 350 m NGM pour le forage de Chalvet et entre 90 et 350 m NGM pour le piézomètre de Rivière Falaise. Ainsi, en recoupant avec la carte d'occupation du sol, et considérant que la contribution de l'amont non contaminé est minime, la prédominance d'une recharge à ces altitudes moyennes recouvertes de bananeraies expliquerait les fortes concentrations en pesticides et en nitrates mesurées sur les forages ; l'ouvrage de Chalvet étant davantage contaminé car drainant une zone fortement contaminée, à l'aval de Rivière Falaise.

L'illustration 28 permet de schématiser le fonctionnement du bassin versant de Chalvet grâce à l'interprétation des données géophysiques TDEM (Time Domain ElectroMagnetism) hélicoptérées acquises lors du survol réalisé en 2013. Elle met en évidence l'extension/épaisseur des formations aquifères : les nuées ardentes (N) et les ponces (P3 et P5, indiquées par un P sur la figure) avec une zone non saturée (rouge/orange) et saturée (vert).

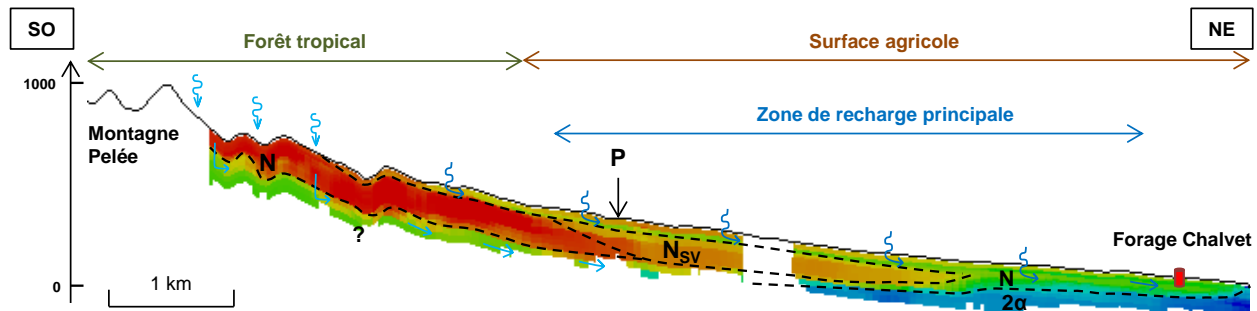


Illustration 28 : Coupe géophysique du bassin versant de Chalvet

Les fortes concentrations en produits phytosanitaires mesurées sur les deux points proviennent de pesticides utilisés notamment dans la culture de la banane et sont à ce jour presque tous interdits (Illustration 29) à l'exception des fongicides Métalaxyl et Propiconazole que l'on ne retrouve d'ailleurs que sur la station aval de Chalvet.

Type	Molécules	Statut / Date d'interdiction	Concentrations moyennes (µg/L) à Chalvet	Concentrations moyennes (µg/L) à Rivière Falaise
Insecticide	Chlordécone	1993	<b>1,788</b>	0,457
	Chlordécone 5B-hydro	métabolite CLD	0,035	<b>0,035</b>
	Chlordécol	métabolite CLD	<b>0,016</b>	0,014
	Dieldrine	1972	0,057	<b>0,170</b>
	Heptachlore époxyde	1973	0,006	<b>0,008</b>
	Beta HCH	métabolite Lindane	0,025	<b>0,030</b>
Herbicide	Amétryne	2003	<b>0,011</b>	jamais quantifié
	Atrazine	2003	0,004	<b>0,013</b>
	Déisopropylatrazine	métabolite Atrazine	jamais quantifié	<b>0,014</b>
	Bromacil	2003	<b>0,852</b>	0,523
	Diuron	2008	<b>0,050</b>	0,028
	Hexazinon	2008	0,015	<b>0,045</b>
	Métolachlore	2003	0,012	<b>0,045</b>
Monuron	1994	<b>0,054</b>	jamais quantifié	
Fongicide	Métalaxyl	Autorisé	<b>0,197</b>	0,003
	Propiconazole	Autorisé	<b>0,416</b>	0,004

Jamais détecté ou fréquence de dépassement très faible

**Concentration la plus forte entre les deux stations**

*Illustration 29 : Concentration moyenne des molécules détectées dans les eaux souterraines à Chalvet et Rivière Falaise depuis le début du suivi mensuel en 2005*

## 8.2. CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX ET VARIABILITÉ TEMPORELLE

Les forages de Basse Pointe présentent tous deux des eaux chlorurées et sulfatées, calciques et magnésiennes.

Les variations de la conductivité électrique de l'eau restent modérées dans les deux forages, néanmoins les eaux de Chalvet présentent une moyenne de minéralisation plus importante que celle de Rivière Falaise (respectivement 427 contre 319 µS/cm à 25°C), qui s'expliquerait par un temps de transit plus important de l'eau et une acquisition de la minéralisation via des interactions eau-matrice rocheuse.

L'illustration 30 et la concordance des pics montrent une forte corrélation entre les variations de la conductivité à Chalvet et les concentrations en sodium et en ions chlorure depuis le début du suivi, ainsi que les corrélations entre conductivité et niveau piézométrique.



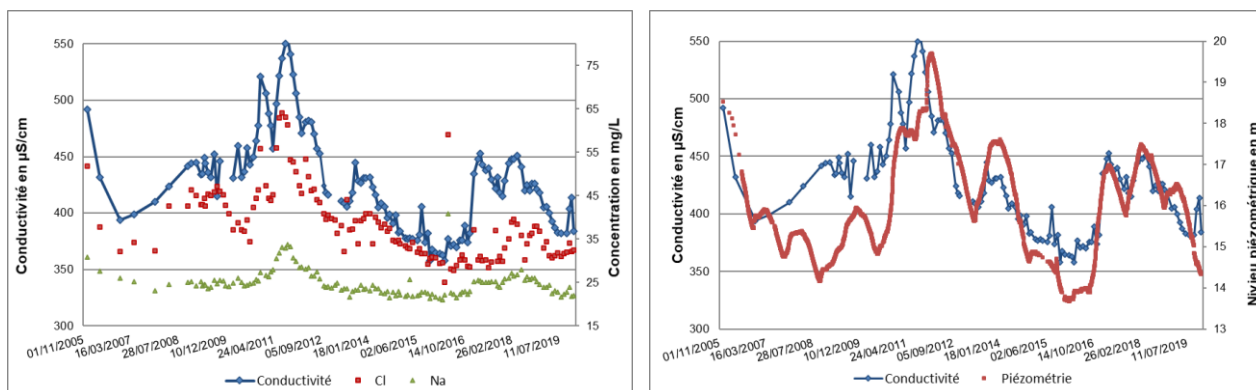


Illustration 30 : Évolution de la conductivité à Chalvet et des concentrations en sodium et chlorures (à gauche) et de la piézométrie (à droite)

L'illustration 31 met en relation l'évolution de la concentration en nitrates et celle de la piézométrie sur les deux stations suivies mensuellement.

La station de Chalvet connaît une corrélation négative entre la piézométrie et les concentrations en nitrates identifiée jusqu'en mars 2012 qui s'atténue par la suite. Depuis 2012 la station connaît une corrélation positive des concentrations en nitrates et du niveau piézométrique : le niveau piézométrique et les concentrations en nitrates baissent entre 2012 et 2016. Depuis mai 2016, le niveau piézométrique et les concentrations en nitrates sont reparties à la hausse pour se stabiliser depuis le début de l'année 2019.

Sur le forage de Rivière Falaise, on observe une forte réactivité pluviométrique entraînant des pics du niveau piézométrique et parfois des pics des concentrations en nitrates (2013). De 2013 à 2016, on constate une baisse du niveau piézométrique moyen et des concentrations en nitrates. A partir de 2017, le niveau piézométrique moyen remonte légèrement mais n'est pas suivi d'une augmentation des concentrations en nitrates qui continuent à diminuer et atteignent des concentrations inférieures à 20 mg/l en 2018 ; et approchant la barre des 10 mg/l en fin 2019. Ces concentrations pourraient passer en-dessous de ce seuil à l'horizon 2020 ; et la station pourrait donc être classée parmi les valeurs référence d'« anthropisation ». Cela signifie que l'on considère que les nitrates présents sont issus principalement de la dégradation de la matière végétale, et non des activités agricoles.

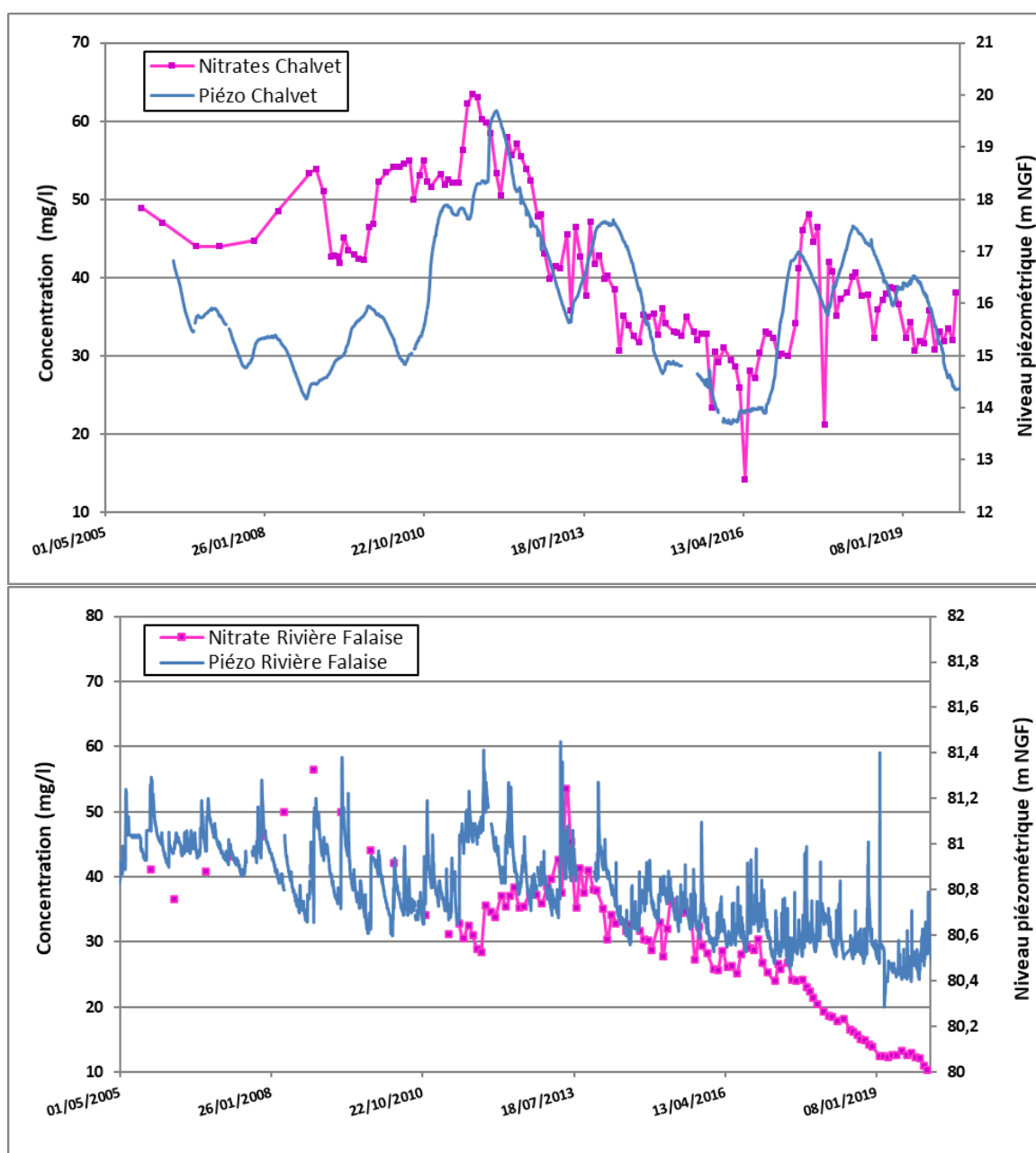


Illustration 31 : Fluctuations des concentrations en nitrates et des niveaux piézométriques au droit des forages de Chalvet et de Rivière Falaise

## 8.3. ÉVOLUTION MENSUELLE DES CONCENTRATIONS EN PESTICIDES

### 8.3.1. Apport de la fréquence mensuelle

L'illustration 32 met en parallèle le suivi semestriel et le suivi mensuel de la molécule chlordécone-5b-hydro pour le piézomètre de Rivière Falaise et du bêta HCH pour celui de Chalvet.

Comme cela a été souligné dans les rapports annuels précédents, le suivi semestriel écarte l'opportunité de mesurer des variations importantes pour différents paramètres analysés sur des

périodes plus courtes. Plusieurs pics de concentrations non négligeables ne peuvent être mis en évidence avec seulement un prélèvement en hautes eaux et un en basses eaux. Le suivi mensuel, avec une densité plus importante de résultats, permet de mieux appréhender les fluctuations au cours de l'année, et ce, aussi bien sur Chalvet, que sur Rivière Falaise.

Le suivi mensuel apporte ainsi des indications sur la durée des pics de contamination et sa cinétique de disparition. Il apparaît donc indispensable à la compréhension des variations de concentrations mesurées et plus largement des processus de transfert des pesticides vers et dans les eaux souterraines.

Dans le cadre d'une étude relative aux mécanismes de transfert de la chlordécone, un suivi hebdomadaire a été testé sur Basse Pointe - Rivière Falaise (Arnaud et al., 2013). Ces essais, réalisés en saison sèche et saison des pluies, confirment les observations réalisées au pas de temps mensuel : les concentrations ont fluctué d'environ un facteur 2, ce qui est très supérieur à l'incertitude analytique.

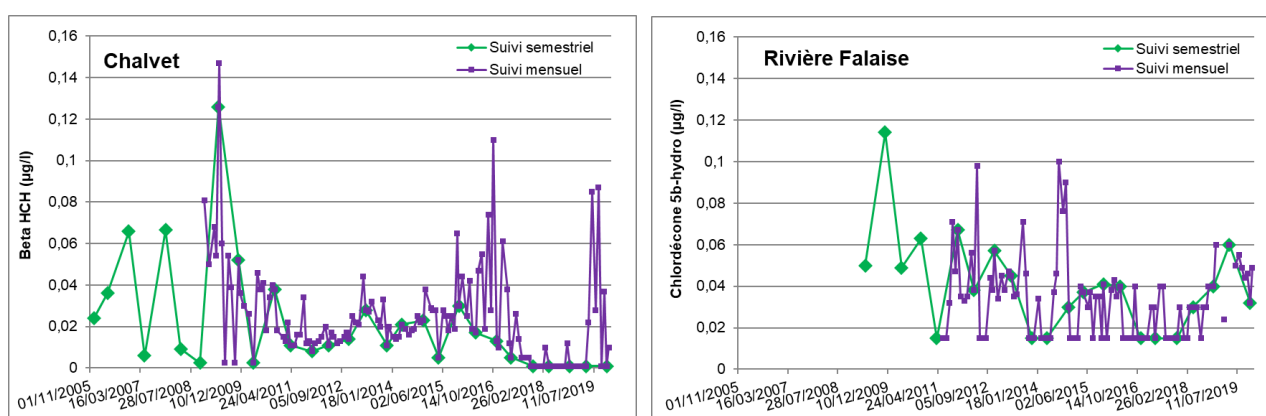


Illustration 32 : Évolution des concentrations en beta HCH à Chalvet depuis décembre 2005 et des concentrations en chlordécone-5b-hydro à Rivière Falaise depuis avril 2009

### 8.3.2. Fluctuations mensuelles par molécule

Les rapports annuels antérieurs ont mis en évidence une certaine structuration dans les chroniques mensuelles de concentration ainsi que des schémas d'évolution identiques pour certaines molécules (Illustration 33).

Les données d'une année supplémentaire de suivi apportent des précisions complémentaires (cf. explications ci-dessous).

## Le qualitomètre Basse Pointe - Chalvet

- Depuis le début de l'année 2011, les concentrations en différentes molécules phytosanitaires sont en forte baisse et ont tendance à se stabiliser sur la station de Chalvet : l'hexazinon, le diuron, le métalaxyl et le propiconazole. Ces deux derniers fongicides sont toujours autorisés, leur diminution laisse penser qu'il y a eu une modification de leur usage (Illustration 33).

L'hexazinon et le diuron sont eux, interdits depuis 2008 ; en considérant une utilisation jusqu'à leur interdiction, compte-tenu de la diminution brutale de leur concentration début 2011, le temps de transfert serait d'environ 3 ans (néanmoins, n'ayant pas connaissance des pratiques exactes des exploitants, pouvant influencer sur les teneurs en pesticides, il est difficile de conclure avec exactitude sur l'impact temporel de l'épandage de produits phytosanitaires sur l'aquifère capté par le forage).

- Le Monuron, herbicide interdit depuis 1994 qui n'était quantifié que sur la station de Chalvet, a vu ses concentrations diminuer progressivement depuis fin 2010 jusqu'à ne plus être détecté depuis juillet 2011 (limite de quantification : 0,005 µg/L). En comparant les molécules de monuron et d'hexazinon, on observe une diminution simultanée en 2011 des concentrations pour les deux molécules avec une date d'interdiction espacée de 14 ans.
- On peut considérer que le maintien des concentrations élevées en monuron durant 17 ans (interdiction en 1994) pourrait être attribué à un temps de dégradation plus long. Différentes vitesses de dégradation dans la zone non saturée et/ou différentes zones d'épandage agricole peuvent en effet être à l'origine de ce temps de dégradation plus long.
- L'année 2011 est aussi marquée par une chute des concentrations en métolachlore, molécule interdite en 2003. Tout comme pour le monuron, cette chute peut être attribuée à une persistance plus longue de cette molécule dans l'environnement. Les pics de concentration enregistrés en 2014 en 2015, et en 2019 après quatre années de non-détection pourraient provenir de la remobilisation d'eau ancienne possédant un fond en métolachlore plus élevé mais aussi d'un lessivage lié aux pluies importantes de la période août-octobre.

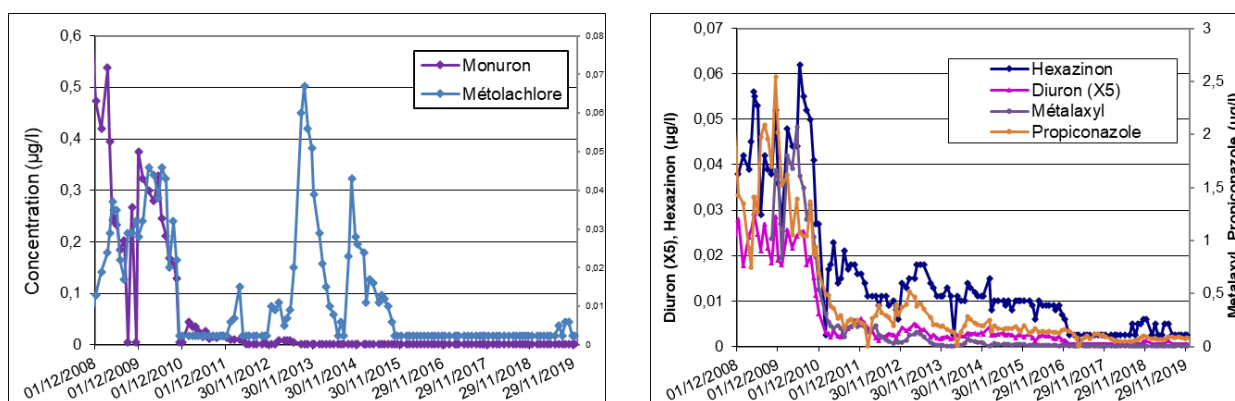


Illustration 33 : Fluctuations mensuelles mesurées sur Basse Pointe - Chalvet pour différents pesticides (les valeurs inférieures à la limite de quantification [LQ] sont représentées comme égales à LQ/2)

- La chlordécone 5b-hydro, métabolite de la chlordécone, interdite en 1993 est, elle aussi, retrouvée au sein des deux ouvrages. Son évolution est présentée en Illustration 34 pour Chalvet. On observe une certaine concordance entre ces deux molécules. La concentration en chlordécone semble réagir avec une légère inertie (1 mois environ) par rapport à la concentration en chlordécone 5b-hydro. De plus, en dessous d'une certaine concentration en chlordécone celle de la chlordécone 5b-hydro est inférieure à la limite de quantification.

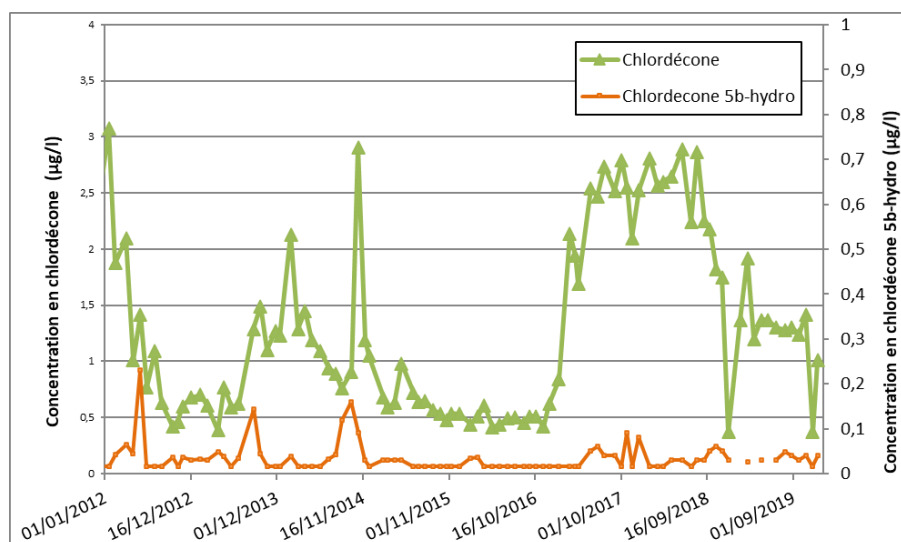


Illustration 34 : Fluctuations mensuelles mesurées sur Basse Pointe - Chalvet pour la chlordécone et la chlordécone 5b-hydro (les valeurs inférieures à la limite de quantification sont représentées comme égales à LQ/2)

Les autres molécules suivent des évolutions de concentrations propres à chacune (pas de corrélation significative) ; leurs fluctuations sont représentées en Annexe 7.

### Le qualitomètre Basse Pointe - Rivière Falaise

- Tout comme sur Chalvet, on peut constater sur la station Rivière Falaise, des similitudes de comportement des molécules telles que le diuron et le bromacil : elles ont tendance à diminuer depuis début 2011. Ponctuellement des concentrations en bromacil se distinguent comme en mai 2012 avec 0,9 µg/L ou en juillet 2014 avec 0,645 µg/L (Illustration 35). Les concentrations en diuron ont atteint la limite de quantification en fin 2017 et ne l'ont dépassée qu'une fois en 2019.
- A Rivière Falaise, le métolachlore et l'hexazinon, tous deux interdits depuis respectivement 2003 et 2008, voient leurs concentrations ré-augmenter progressivement depuis 2013, avec un pic commun en février 2015. Depuis cette date, ces deux molécules ont tendance à diminuer et leurs concentrations se stabilisent autour de 0,03 µg/L (Illustration 35). Le pic situé en mi-2019 laisse supposer une remobilisation de ces substances lors du début de la saison des pluies.

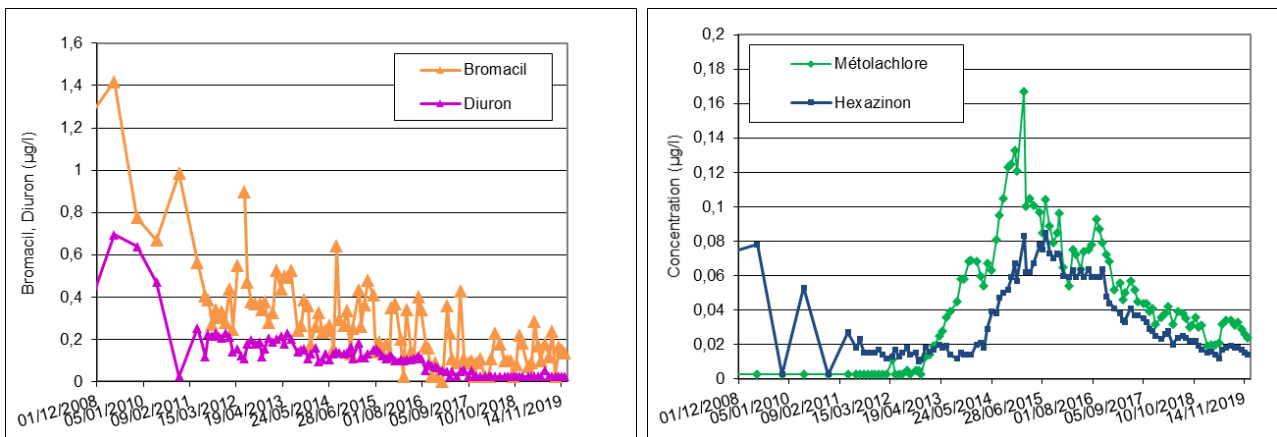


Illustration 35 : Fluctuations mensuelles mesurées sur Basse Pointe - Rivière Falaise pour différents pesticides (les valeurs inférieures à la limite de quantification sont représentées comme égales à LQ/2)

Les autres molécules suivent des évolutions de concentrations propres à chacune (pas de corrélation significative) ; leurs fluctuations sont représentées en Annexe 8.

### Comparaison des deux qualimètres

- Le même exercice de comparaison des fluctuations mensuelles sur les 2 points suivis a été réalisé pour les 9 molécules communément détectées sur Chalvet et Rivière Falaise, à savoir la chlordécone, la chlordécone 5B-hydro, la dieldrine, l'heptachlore époxyde, l'hexazinon, le bêta HCH, le diuron, le métolachlore et le bromacil (cf. détail pour 7 molécules en Annexe 9)

De grandes similitudes peuvent être observées sur les deux stations de Basse Pointe notamment pour la chlordécone 5b-hydro, le diuron et le bêta HCH. En Illustration 36, la chlordécone 5b-hydro suit la même allure tout au long du suivi avec des concentrations légèrement plus faibles à Rivière Falaise.

La molécule bêta HCH, interdite en 1998, présente un comportement similaire pour les deux ouvrages avec des concentrations légèrement plus élevées sur le qualimètre Rivière Falaise. Une légère augmentation des concentrations est notée à Rivière Falaise en 2016 avec un pic en octobre à 0,14 µg/L. Une chute brutale est observée à la fin de l'année 2016 et se poursuit avec des concentrations inférieures à la limite de quantification jusqu'à une nouvelle hausse brutale talonnant le niveau de 2016 avec 0,08 µg/l à Chalvet et 0,06 µg/l à Rivière Falaise dans le deuxième semestre de 2019.

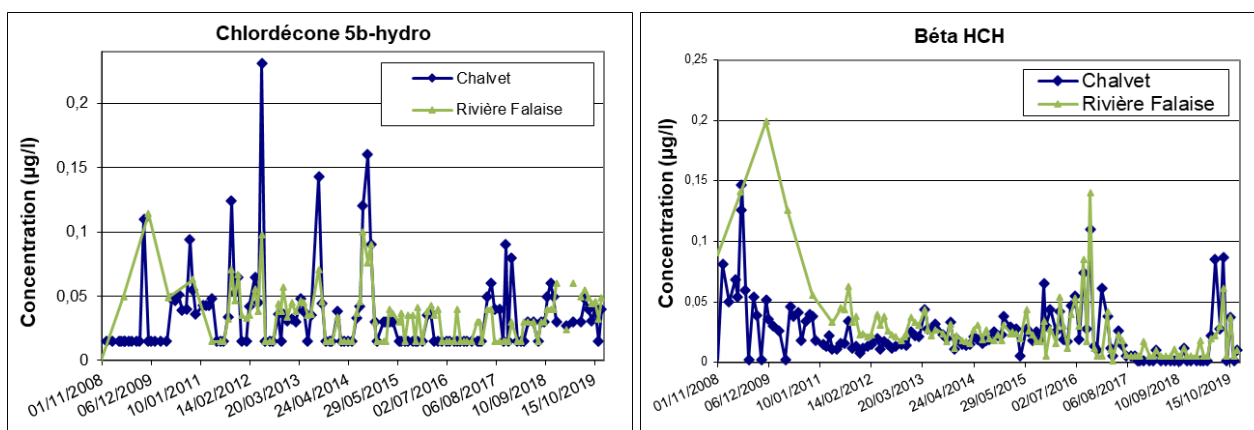


Illustration 36 : Fluctuations mensuelles mesurées sur Chalvet et Rivière Falaise pour la chlordécone 5 b-hydro et le béta HCH (les valeurs inférieures à la limite de quantification sont représentées comme égales à LQ/2)

- L'illustration 37 présente une comparaison entre les deux stations de Basse Pointe pour la molécule de métolachlore, herbicide interdit en 2003. L'ouvrage Chalvet a été impacté sur la période allant de novembre 2008 à novembre 2010. A partir de cette date, une disparition trompeuse est observée, puisqu'en novembre 2013 et octobre 2014, deux pics de respectivement 0,068 µg/L et 0,043 µg/L sont observés. Depuis octobre 2015, les concentrations en métolachlore sont inférieures à la limite de quantification jusqu'à trois détections fin 2019.

A l'inverse, à Rivière Falaise, les concentrations en métolachlore sont inférieures à la limite de quantification jusqu'à octobre 2012. Par la suite, des similitudes sont observables puisqu'en novembre 2013 on observe aussi un premier pic qui atteint 0,068 µg/L. Le second pic est observé en février 2015 avec 0,167 µg/L. Par la suite, on observe une diminution des concentrations pour atteindre environ 0,02 µg/l en fin 2019.

La présence de ces pics peut être due à la remobilisation des stocks présents dans les sols, en raison du changement des pratiques agricoles (labour, zones d'épandage).

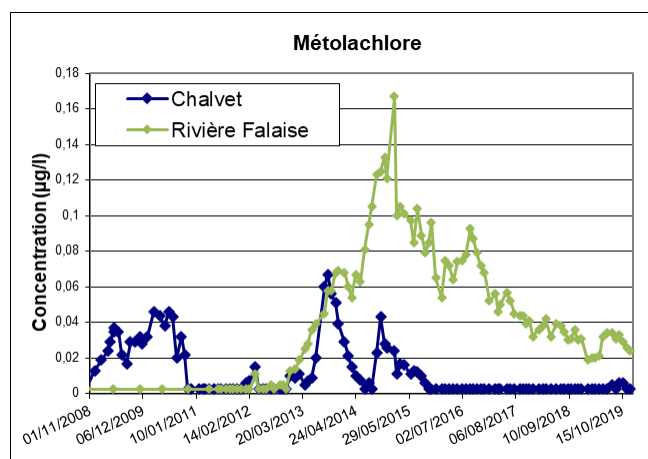


Illustration 37 : Comparaison des fluctuations mensuelles sur Chalvet et Rivière Falaise pour le métolachlore (les valeurs inférieures à la limite de quantification sont représentées comme égales à LQ/2)



Les différences de fluctuations sont issues de l'interaction de plusieurs facteurs :

- les propriétés physico-chimiques des molécules qui vont dicter leurs phénomènes d'adsorption et de dégradation ;
- l'historique des pratiques agricoles concernant l'application de chaque produit. Cela est bien souligné par les résultats obtenus puisque toutes les molécules d'usage récent sont mesurées avec des concentrations bien corrélées entre elles ;
- la nature des sols et des terrains constituant la zone non saturée, potentiellement variables sur le bassin d'alimentation du forage, qui peuvent jouer sur les modalités de transfert dans les eaux souterraines.

#### 8.4. RELATION PIÉZOMETRIE-CONCENTRATIONS EN PESTICIDES

La relation entre la piézométrie au droit d'un forage et la concentration entre différents pesticides dans l'eau souterraine varie selon les paramètres hydrodynamiques et physico-chimiques de l'aquifère capté. Les résultats sont présentés en Illustration 38, et on peut noter :

- À Chalvet, le bêta HCH montre des variations inverses au niveau piézométrique, les périodes de basses eaux correspondent aux concentrations les plus importantes en décembre 2008 (0,081 µg/L), mai 2009 (0,147 µg/L), octobre 2015 (0,065 µg/L), octobre 2016 (0,11 µg/L) et juin 2019 (0,085 µg/l). Un phénomène de dilution en hautes eaux est ainsi probable. En 2018, une disparition progressive de la molécule avait été envisagée ; hypothèse contredite dès le mois de mai 2019 avec une nouvelle augmentation des concentrations.
- La chlordécone à l'inverse, révèle des variations concordantes avec la piézométrie qui pourraient illustrer un lessivage de la molécule vers les eaux souterraines.
- Au regard des fluctuations du diuron, il semblerait qu'à la suite de l'interdiction du pesticide en 2008, une baisse des concentrations dans les eaux souterraines se soit fait remarquer à partir de septembre 2010. Une augmentation des concentrations apparaît à la suite des périodes de basses eaux d'août 2011 et avril 2013. En 2016, alors que le piézomètre enregistre les valeurs les plus basses depuis le début de son suivi, les teneurs semblent s'être stabilisées autour de 0,017 µg/L. Cette stabilisation se poursuit malgré la recharge qui démarre en août 2016. Depuis 2017, les concentrations en diuron relevées sur la station Chalvet sont inférieures à la LQ, à l'exception de trois détections en novembre et décembre 2018 et juin 2019, inférieures ou égales à 0,011 µg/l qui rentrent dans l'incertitude de la mesure.
- Sur la station de Rivière Falaise présentant des fluctuations piézométriques saisonnières et journalières, il n'est actuellement pas possible de mettre en évidence de relation univoque entre piézométrie et concentrations en pesticides. Seul le bêta HCH semble montrer des variations anti-corrélées avec la piézométrie tout comme sur Chalvet, avec un nouveau pic apparu en 2019, mais l'interprétation reste moins évidente.

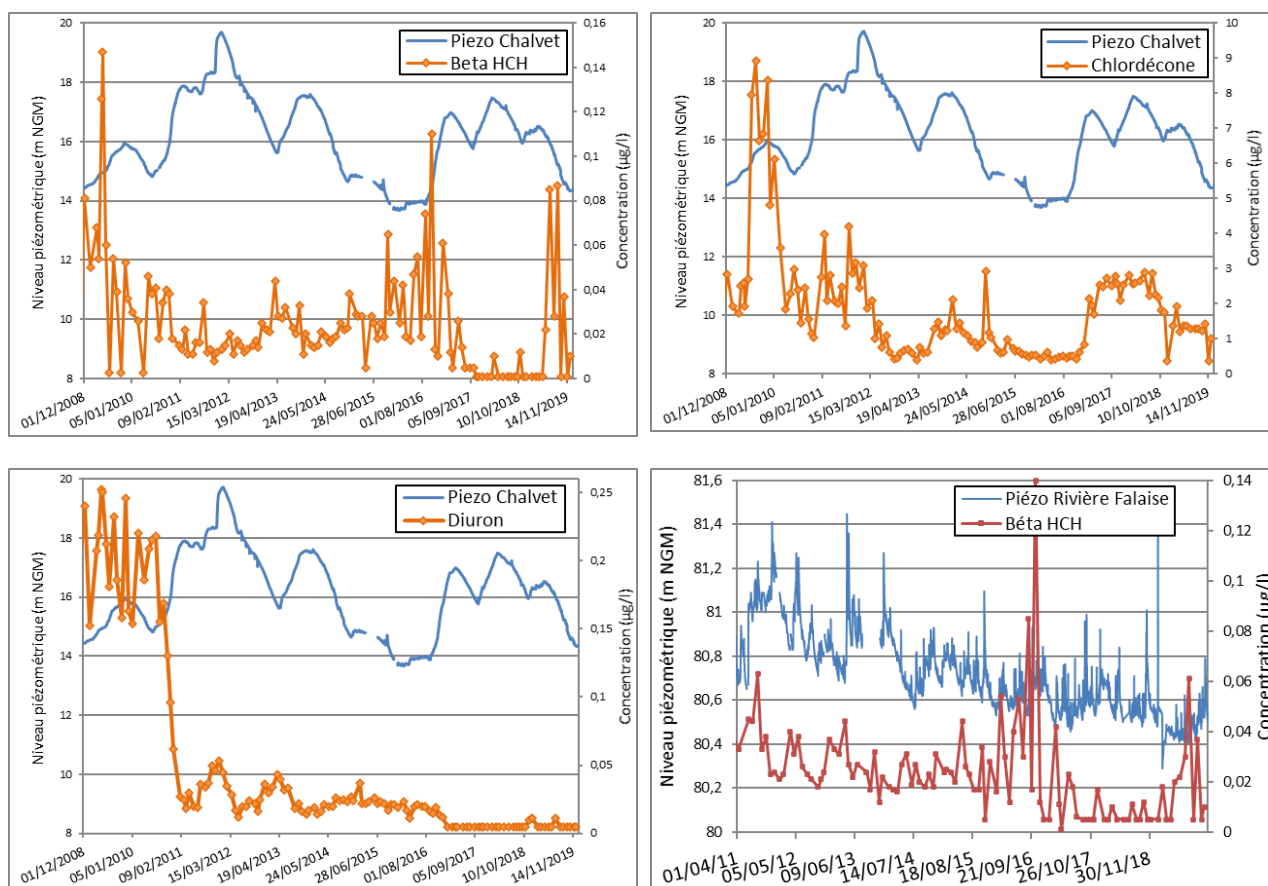


Illustration 38 : Fluctuations des concentrations en pesticides et du niveau piézométrique au droit des forages de Chalvet et Rivière Falaise

L'ensemble des relations piézométrie / pesticides sont présentées en Annexe 10 et Annexe 11.

## 8.5. ÂGE DES EAUX SOUTERRAINES ET CONTAMINATION PAR LES PESTICIDES

Les études menées précédemment ont permis de connaître l'âge moyen des eaux captées à Chalvet et à Rivière Falaise ainsi que la température et l'altitude moyenne de recharge des eaux. Ces informations ont été déterminées en analysant les isotopes stables de la molécule d'eau ; les résultats (cf. Arnaud et al., 2013) aboutissent à une température et une altitude moyenne de recharge identique pour les deux forages ( $T_{\text{moy}} = 25^{\circ}\text{C}$  ;  $\text{alt}_{\text{moy}} = 200 \text{ m NGM}$ ).

Les analyses des CFC/SF<sub>6</sub><sup>3</sup> ont été réalisées par le SPURENSTOFFLABOR de Wachenheim (Allemagne), laboratoire spécialisé dans l'analyse des CFC et SF<sub>6</sub>, figurant parmi les quelques laboratoires reconnus en Europe.

<sup>3</sup> CFC et SF<sub>6</sub> : Chlorofluorocarbones (comprenant CFC-11, CFC-12, CFC-113 et également appelés Fréons) et Hexafluorure de soufre. Ces gaz permettent d'estimer l'âge moyen des eaux prélevées.

Compte-tenu des faibles variations constatées entre 2008 et 2012 pour le CFC-12, CFC-113 et SF<sub>6</sub>, la fréquence des analyses sur les deux stations du suivi mensuel est passée depuis 2013 à deux analyses annuelles en période de basses eaux et de hautes eaux.

Le traitement des données a abouti à une date moyenne de recharge de 2007 (en 2011) et 2008 (en 2012 et début 2013) pour Chalvet.

Sur la période 2014-2019, les concentrations en CFC-12 passent de 1,4 à 1,2 pmol/l en 2018 et 1.3 pmol/l en 2019, avec une moyenne de 1.33 pmol/l. L'incertitude analytique pour ce gaz étant de 0,1 pmol/l, cette baisse pourrait indiquer une légère augmentation de l'âge apparent des eaux souterraines.

Les eaux du forage Rivière Falaise présentent une date de recharge moyenne identique à celle de Chalvet, soit de 2007 (en 2011) et 2008 (en 2012 et début 2013), avec une concentration molaire de 1.39 pmol/l sur la période 2014-2019.

Ces eaux souterraines datées de plusieurs années et le modèle de recharge estimé (modèle piston utilisé pour l'interprétation des âges) sont en accord avec un système tamponné présentant de faibles variations des paramètres chimiques.

La légère augmentation des concentrations en nitrates observée fin 2011 (Illustration 31) ne serait donc pas due à un contexte hydrogéologique spécifique (qui se reflèterait sur l'évolution des gaz dissous) mais à une augmentation régulière jusqu'à cette période de la pression agricole (apports azotés aux cultures). Depuis, les concentrations en nitrates sont en baisse.

## **8.6. CONCLUSIONS SUR LE SUIVI MENSUEL DES DEUX STATIONS DE BASSE POINTE**

Malgré une légère recharge à partir de novembre 2014, la vidange pluriannuelle de l'aquifère au droit de Basse Pointe – Chalvet se poursuit depuis fin 2013. Depuis 2016, une recharge de l'aquifère est observable jusqu'à la vidange depuis 2018. Le qualitomètre Rivière Falaise montre aussi une tendance à la baisse du niveau piézométrique mais moins marquée en raison de l'influence appuyée de la pluviométrie. Depuis le début du suivi, le forage Basse Pointe – Chalvet a révélé à la fin 2015 les niveaux piézométriques les plus bas. Une tendance à la hausse du niveau piézométrique pour le qualitomètre Basse Pointe - Chalvet semble s'être amorcée à partir de 2016. Malgré une légère hausse du niveau piézométrique enregistré en 2018, le phénomène de vidange de l'aquifère semble se poursuivre sur le qualitomètre Basse Pointe - Rivière Falaise qui enregistre début 2019 les niveaux les plus bas mesurés depuis le début de son suivi.

Une baisse générale des concentrations des molécules phytosanitaires (diuron, hexazinon, métalaxyl, monuron et propiconazole) est observée depuis 2011 au piézomètre de Basse Pointe - Chalvet. De plus, en 2018, trois de ces cinq molécules présentent des concentrations inférieures à la limite de quantification des laboratoires.

Sur le piézomètre de Rivière Falaise, les concentrations en bromacil et diuron diminuent également depuis 2011, tandis que l'hexazinon et le métolachlore voient leur concentration nettement augmenter entre 2013 et 2015. Depuis 2015, les concentrations de ces deux molécules tendent à baisser.

Le cas de la bêta HCH interroge, notamment avec le pic observé en début d'année 2019 à Chalvet faisant suite à deux années de non-détection ou de concentrations proches de la LQ.

Il serait intéressant de connaître les quantités et périodes d'épandage des produits utilisés par les exploitants agricoles du bassin versant afin d'approfondir l'examen des corrélations, via une enquête de terrain dédiée.

Les données apportées par le suivi qualité mensuel permettent de révéler des fluctuations en paramètres organiques et inorganiques impossibles à supposer avec des résultats seulement biannuels. La poursuite de ce suivi est donc nécessaire à la compréhension des transferts vers les eaux souterraines et du fonctionnement du bassin versant.

Ce rapport met en évidence la complexité des circulations des eaux souterraines et les différents mécanismes et cinétiques de dégradation des pesticides. Il est nécessaire de réduire les incertitudes liées aux pratiques agricoles : concentrations et quantité de produits utilisés, secteurs et périodes d'épandages, rotations des cultures... Autant de pistes de réflexions et de recherches à poursuivre.



## 9. Conclusion

Conformément à la DCE 2000/60/CE, les huit masses d'eau souterraine de la Martinique ont été étudiées pour définir leur état quantitatif et qualitatif. Ces évaluations se fondent sur les données du réseau de surveillance de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine (réseau référencé « 0800000015 - FRJSOP - Surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines du bassin Martinique » dans le portail national ADES <https://ades.eaufrance.fr/>) ainsi que sur l'ensemble des données « qualité » disponibles sur ce portail national, issu des réseaux (i) de contrôle de surveillance (« 0800000016 - FRJSOS - Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Martinique ») et (ii) de contrôle opérationnel (« 0800000017 - FRJSOO - Contrôles opérationnels de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Martinique »).

L'évaluation de l'état quantitatif DCE des masses d'eau souterraine repose sur l'analyse de chroniques piézométriques disposant d'une quinzaine d'années de suivi. À l'issue de cette expertise, l'ensemble des masses d'eau souterraine de Martinique apparaît comme étant en bon état quantitatif. Toutefois, le niveau de confiance de cette évaluation est considéré comme moyen en raison du manque de connaissances sur plusieurs paramètres tels que les relations nappes-rivières, les prélèvements agricoles non répertoriés ou encore l'impact de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine sur les écosystèmes de surface.

Les données acquises en 2019 permettent de baser l'évaluation de l'état qualitatif, comme recommandé par la DCE, sur un cycle de 6 ans soit de 2014 à 2019. Le suivi « qualité » semestriel permet de dénombrer 10 stations en état qualitatif médiocre vis-à-vis de la DCE. De nouvelles molécules actives ont été analysées et détectées depuis 2015 sur le réseau :

- Le 4-nonylphenol ramifié qui est retrouvé sur 8 stations ;
- le DEHP et les hydrocarbures dissous, jamais détectés ou recherchés auparavant qui ont été détectés sur 2 stations ;
- Le benzotriazole et le tolyltriazole, le bisphénol A et la caféine qui ont été retrouvés sur un nombre de stations plus réduit que lors des campagnes précédentes.

Pour chaque paramètre de chaque point d'eau « suivi qualité » du bassin Martinique, des calculs répondant aux exigences de la DCE ont été réalisés afin de mettre en évidence les critères de classement qualitatif en bon état ou en état médiocre DCE. Sur 8 masses d'eau souterraine, 6 ont fait l'objet d'une enquête appropriée complète. Le niveau de confiance de cette évaluation est moyen (Pelée-est) ou faible (Carbet, Jacob-est, Jacob centre, Vauclin-Pitault et Trois Ilets) compte-tenu du manque de connaissance sur les relations nappes-rivières et sur l'impact de l'état qualitatif sur les écosystèmes terrestres associés.

Ainsi, plus de la moitié des masses d'eau souterraine apparaît en bon état (5 sur 8) ; il s'agit des masses d'eau Pelée-Ouest, Carbet, Vauclin-Pitault, Miocène et Trois Ilets. Les trois autres masses d'eau (Pelée-Est, Jacob-Est et Jacob Centre) présentent des contaminations étendues aux pesticides organochlorés (surfaces dégradées supérieures à 20 % de la superficie totale de la masse d'eau souterraine).

La poursuite du suivi mensuel sur deux stations reste essentielle pour compléter les données du suivi semestriel car il met en évidence de nouvelles informations sur les variations des produits phytosanitaires et sur leur transfert vers les eaux souterraines. Les fluctuations en certains pesticides peuvent être totalement différentes d'une station à l'autre mais révélaient globalement une tendance à la diminution des concentrations depuis l'année 2011. On observe cependant un

retour de certaines molécules sous forme de pics dans le courant de l'année 2019. Il est probable que les cycles pluriannuels des nappes jouent un rôle primordial sur les concentrations en pesticides mesurées dans les eaux souterraines, néanmoins, la validation de cette hypothèse nécessite de pérenniser l'acquisition de données sur le long terme.



## 10. Bibliographie

Arnaud L., N. Baran, L. Gourcy, A.-L. Taïlamé, M. Senergues, 2012. Étude du transfert de la chlordécone vers les eaux souterraines en Martinique - Rapport BRGM/RP-61767-FR.

Arnaud L., Lanini S. (2014). Impact du changement climatique sur les ressources en eau de Martinique. Rapport BRGM/RP-62676-FR, 91 p., 26 ill., 5 ann.

Arnaud L., Senergues M., Devau N., 2013. Étude détaillée du fond géochimique des eaux souterraines de Martinique. Rapport BRGM/RP-62886-FR.

Arnaud L., Tailame A.-L., 2012. Contrôle de surveillance et contrôle opérationnel de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique – Rapport annuel 2011. Rapport BRGM/RP-61283-FR.

Arnaud L., Tailame A.-L., 2011. Contrôle de surveillance et contrôle opérationnel de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique – Rapport annuel 2010. Rapport BRGM/RP-60232-FR.

Arnaud L., Wiart N., 2010. Contrôle de surveillance et contrôle opérationnel de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique – saison des pluies 2009. Evaluation préliminaire de l'état des masses d'eau souterraine. Rapport BRGM/RP-58761-FR.

Baran N., Mouvet C., Négrel P., 2007. Hydrodynamic and geochemical constraints on pesticide concentrations in the groundwater of an agricultural catchment (Brévilles, France). *Environmental Pollution*, 148,729-738.

Baran N., Gutierrez A., Lopez B., Surdyk N., Gourcy L., 2011. Transfert de nitrates à l'échelle du bassin d'alimentation de captages d'eau souterraine du bassin Loire-Bretagne : modélisation et datation. Rapport BRGM/RP-60280-FR.

Bocquené G., Franco A., 2005. Pesticide contamination of the coastline of Martinique. *Marine Pollution Bulletin*, 51: 612-619.

Busenberg, E., Plummer, L.N., 1992. Use of Chlorofluoromethanes (CCl<sub>3</sub>F and CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>) as hydrologic tracers and age-dating tools: Example- The alluvium and terrace system of Central Oklahoma, *Water Resources Research*, 28: 2257-2283.

Brenot A., Vittecoq B., Négrel P., Mardhel V., 2008. Système d'information sur les eaux souterraines de Martinique : Caractérisations physico-chimique naturelle des eaux souterraines. Rapport BRGM/RP-56266-FR.

Charlier J.-B., Arnaud L., Ducreux L., Dewandel B. (2014) - CHLOR-EAU-SOL – volet EAU Caractérisation de la contamination par la chlordécone des eaux et des sols des bassins versants pilotes guadeloupéen et martiniquais. Rapport final BRGM/RP-64142-FR, 160 p.

Croiset N., Lopez B. (2018) – : Guide d'évaluation des tendances d'évolution de la quantité et de la qualité des eaux souterraines. Rapport final BRGM/RP-67774-FR

De Béchillon M., Arnaud L., 2011. Contrôle de surveillance et contrôle opérationnel de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique – saison des pluies 2010. Evaluation préliminaire de l'état des masses d'eau souterraine. Rapport BRGM/RP-60014-FR.

Desprats J-F., 2010. Conception et mise en place d'un SIG sur la contamination des sols de Guadeloupe et Martinique par la Chlordécone – phase 1. Rapport BRGM/RP-58769-FR

Desprats J-F, Amalric L., Bristeau S., Pierre-Léandre C., Ovarbury T., Nascimento L. 2018. Cartographie des teneurs en chlordécone dans des sols en zones périurbaines non agricoles de Martinique, action 3 du PNACIII. Rapport BRGM/RP-68074-FR

Guide d'évaluation de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine. (2018). Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire-Direction de l'eau et de la biodiversité

Gourcy L., L. Arnaud, Taïlamé A-L., 2013. Contrôle de surveillance et contrôle opérationnel de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique – Rapport annuel 2012 Rapport BRGM/RP-62635-FR.

Gourcy L., Baran N., Vittecoq B., 2009. Improving the knowledge of pesticide and nitrate transfer processes using age dating tools (CFC, SF<sub>6</sub>, <sup>3</sup>H) in a volcanic island. *Journal of Contaminant Hydrology*, 108(3-4), 107-117

IAEA, 2006. Use of Chlorofluorocarbons in hydrology: A guidebook. STI/PUB 1238, IAEA, Vienna.277p.

Koh D.C, Plummer L.N., Solomon K., Busenberg E., Kim Y-J., Chang H.W., 2006. Application of environmental tracers to mixing, evolution, and nitrate contamination of groundwater in Jeju Island, Korea. *Journal of Hydrology* 327: 258-275.

Lions J., Allier D., Pinson S., Vittecoq B., 2008. Identification des zones à risque élevé dans les cours d'eau et les eaux souterraines en Martinique. Rapport BRGM-RP-56748-FR.

Lopez B., Laurent A., Ghestem J.P. *et al.*, 2013. Recherche de contaminants organiques dans les eaux souterraines des DOM – Synthèse des travaux 2012-2013. Rapport BRGM/RP-62810-FR.

MacCarthy R.L., Bower F.A., Jesson J.P., 1977. The fluorocarbon-ozone theory, 1. Production and release – world production and release of CCl<sub>3</sub>F and CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub> (fluorocarbons 11 and 12) through 1975. *Atmospheric Environment*, 11, 491-497.

Michou M., Taïlamé A.-L., 2013. Evaluation de l'état des masses d'eau souterraine de la Martinique – Approche DCE – Rapport annuel 2013. Rapport BRGM/RP-64739-FR.

Miller B.R., Huang J., Wang R.H.J., Hartley D.E., Harth C., Steele L.P., Sturrock G., Midgley P.M., McCulloch A., 2000 A History of Chemically and Radiatively Important Gases in Air deduced from ALE/GAGE/AGAGE, *Journal of Geophysical Research*, 105: 17751-17792.

Nascimento L., Taïlamé A.-L., 2017. Evaluation de l'état des masses d'eau souterraine de la Martinique – Approche DCE – Rapport annuel 2016. Rapport BRGM/RP-66925-FR

Nascimento L., 2019 – Evaluation de l'état des masses d'eau souterraine de la Martinique – Méthodologie DCE – Rapport annuel 2018. Rapport BRGM/RP-68693-FR

Pinson S., Vittecoq B., Allier D., Mardhel V., 2008. Système d'information sur les eaux souterraines de Martinique : synthèse cartographique. Rapport BRGM/RP-56242-FR.

Prinn R.G., Weiss R.F., Fraser P.J., Simmonds P.G., Cunnold D.M., Alyea F.N., O'Doherty S., Salameh P., Schultz, T.R., Randall, J.H., Wilson, L.G., Davis, S.N., 1976 Tracing sewage effluent recharge – Tucson, Arizona. *Groundwater*, 14: 463-470.

Senegues. M., Taïlamé A.-L., 2012. Contrôle de surveillance et contrôle opérationnel de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique – saison sèche 2012 - Rapport BRGM/RP-61610-FR.

Taïlamé. A.-L., 2016. Réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines du bassin Martinique – Rapport de gestion 2015, rapport BRGM/RP-65513-FR.

Taïlamé A.-L., 2017. Révision de la délimitation des masses d'eau souterraine de Martinique. Rapport BRGM/RP-66466-FR.

Taïlamé A.-L., Subra P., 2015. Evaluation de l'état des masses d'eau souterraine de la Martinique – Approche DCE – Rapport annuel 2014. Rapport BRGM/RP-65124-FR.

Taïlamé A.-L., Verbièse G., 2016. Evaluation de l'état des masses d'eau souterraine de la Martinique – Approche DCE – Rapport annuel 2015. Rapport BRGM/RP-65851-FR

Tesoriero A.J., Saad D.A., Burow K.R., Frick E.A., Puckett L.J., Barbarsh J.E., 2007. Linking groundwater age and chemistry data along flow paths: implications for trends and transformations of nitrate and pesticides. *Journal of Contaminant Hydrology*, 94: 139-155.

Verbièse. G, Taïlamé A.-L., 2017. Réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines du bassin Martinique – Rapport de gestion 2016, rapport BRGM/RP-66743-FR

Vittecq B., 2006. Définition des réseaux de suivi de l'état quantitatif et du contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique, conforme aux prescriptions de la Directive Cadre sur l'Eau. Rapport BRGM/RP-55098-FR.

Vittecq B., Gourcy L., Baran N., 2007. Datation des eaux souterraines de Martinique par l'analyse conjointe des CFC, SF6 et tritium et relation avec les concentrations en nitrates et produits phytosanitaires. Rapport final BRGM/RP-55844-FR.

Vittecq B., Lachassagne P., Lanini S., Ladouche B., Marechal J.C., Petit V., 2007. Elaboration d'un système d'information sur les eaux souterraines de la Martinique : identification et caractérisations quantitatives. Rapport BRGM/RP-55099-FR.

Warner K.L., Morrow W.S., 2007. Pesticide and transformation product detections and age-dating relations from till and sand deposits. *Journal of American Water*,

## TEXTES RÉGLEMENTAIRES

**ARRÊTÉ du 11 janvier 2007** relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique.

**ARRÊTÉ du 17 décembre 2008** établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines.

**ARRÊTÉ du 27 janvier 2009** modifiant l'arrêté du 17 mars 2006 relatif au contenu des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux.

**ARRÊTÉ du 12 janvier 2010** relatif aux méthodes et aux critères à mettre en œuvre pour délimiter et classer les masses d'eau et dresser l'état des lieux prévu à l'article R.212-3 du code de l'environnement.

**ARRÊTÉ du 25 janvier 2010** établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R.212-22 du code de l'environnement.

**ARRÊTÉ du 2 juillet 2012** modifiant l'arrêté du 17 décembre 2008 relatif aux critères d'évaluation et aux modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines.

**ARRÊTÉ du 7 août 2015** modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement.

**CIRCULAIRE DCE 2006/18** du 21 décembre 2006 relative à la définition du « bon état » pour les eaux souterraines, en application de la directive 2000/60/DCE.

**CIS guidance document n°18**, « Groundwater status and trend assessment »

**Code de la Santé Publique**, livre III, titre II, chapitre 1er Eaux potables.

**DÉCRET n° 2005-475 du 16 mai 2005** relatif aux schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux

**DIRECTIVE 98/83/CE** du conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

**DIRECTIVE 2000/60/CE (DCE)** du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

**DIRECTIVE 2006/118/CE (GWD)** du parlement européen et du conseil du 12 décembre 2006 sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration.

**DIRECTIVE 2009/90/CE DE LA COMMISSION DU 31 juillet 2009** établissant, conformément à la Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil, des spécifications techniques pour l'analyse chimique et la surveillance de l'état des eaux.

# **Annexe 1**

## **Liste des paramètres analysés et Laboratoires respectifs**



## LABORATOIRE BRGM ORLÉANS

<b>Inorganique</b>			
<b>Code</b>	<b>Sandre Paramètres</b>	<b>LQ</b>	<b>Unités</b>
1370	Aluminium	0,5	µg/l
1335	Ammonium	0,05	mg/l
1376	Antimoine	0,05	µg/l
1369	Arsenic	0,05	µg/l
1396	Baryum	0,05	µg/l
1327	Bicarbonates	10	mg/l
1362	Bore	0,5	µg/l
6505	Bromure	0,10	mg/l
1388	Cadmium	0,01	µg/l
1374	Calcium	0,5	mg/l
1328	Carbonates	10	mg/l
1841	Carbone organique	0,5 - 2	mg/l
1752	Chlorates	50 -100	µg/l
1337	Chlorures	0,5	mg/l
1389	Chrome	0,1	µg/l
1392	Cuivre	0,1	µg/l
1084	Cyanures libres	0,01	mg/l
1390	Cyanures totaux	0,01	mg/l
1393	Fer	0,02	mg/l
7073	Fluorure	0,1	mg/l
1372	Magnésium	0,5	mg/l
1394	Manganèse	0, 1	µg/l
1387	Mercure	0,015	µg/l
1386	Nickel	0,1	µg/l
1340	Nitrates	0,5	mg/l
1339	Nitrites	0,01	mg/l
6219	Perchlorate	0,5	µg/l
1433	Phosphate	0,05	mg/l
1350	Phosphore	0,05	mg/l
1382	Plomb	0,05	µg/l
1367	Potassium	0,5	mg/l
1385	Sélénium	0,1	µg/l
1342	Silicates	0,5	mg/l
1375	Sodium	0,5	mg/l
1338	Sulfate	0,5	mg/l
1347	T.A.C.	-	-
1383	Zinc	0,5	µg/l

LQ : Limite de Quantification



<b>Organique</b>			
<b>Code Sandre</b>	<b>Paramètres</b>	<b>LQ</b>	<b>Unités</b>
7012	2-Hydroxy Ibuprofen	0,05	µg/l
1958	4-nonyphenols ramifiés	0,3	µg/l
6856	Acetochlor ESA	0,02	µg/l
6862	Acetochlor OXA	0,02	µg/l
1903	Acétochlore	0,005	µg/l
1104	Amétryne	0,005	µg/l
1907	AMPA	0,03	µg/l
1107	Atrazine	0,005	µg/l
1109	Atrazine désisopropyl	0,005	µg/l
1108	Atrazine déséthyl	0,005	µg/l
1830	Atrazine désisopropyl déséthyl	0,005	µg/l
1951	Azoxystrobine	0,005	µg/l
7543	Benzotriazole	0,02	µg/l
2766	Bisphenol A	0,05	µg/l
6519	Cafeine	0,2	µg/l
5296	Carbamazepine	0,02	µg/l
7527	Chlordécol	0,03	µg/l
1866	Chlordécone	0,03	µg/l
6577	Chlordecone-5b-hydro	0,03	µg/l
5349	Diclofenac	0,02	µg/l
1905	Difénoconazole	0,005	µg/l
1177	Diuron	0,01	µg/l
6618	Galaxolide	0,03	µg/l
1506	Glyphosate	0,03	µg/l
1405	Hexaconazole	0,005	µg/l
1673	Hexazinon	0,005	µg/l
5350	Ibuprofene	0,05	µg/l
1704	Imazalil	0,005	µg/l
1911	Imazaméthabenz méthyle	0,005	µg/l
1877	Imidaclopride	0,01	µg/l
2847	Isoproturon-2CH3	0,01	µg/l
5353	Ketoprofene	0,02	µg/l
1209	Linuron	0,005	µg/l
1706	Métalaxyl	0,005	µg/l
1670	Métazachlore	0,005	µg/l
1216	Méthabenzthiazuron	0,005	µg/l
1515	Métobromuron	0,005	µg/l
6854	Metolachlor ESA	0,02	µg/l
6853	Metolachlor OXA	0,02	µg/l
1221	Métolachlore	0,01	µg/l
1222	Métoxuron	0,005	µg/l
1227	Mono - linuron	0,005	µg/l
1228	Monuron	0,005	µg/l
5354	Paracetamol	0,02 - 0,05	µg/l
1235	Pentachlorophénol	0,03	µg/l
1257	Propiconazole	0,005	µg/l
1414	Propyzamide	0,005	µg/l
1263	Simazine	0,005	µg/l
5356	Sulfamethoxazole	0,02	µg/l
1694	Tebuconazole	0,005	µg/l
1269	Terbutryne	0,005	µg/l
6660	Tolytriazole	0,02 - 0,2	µg/l
5430	Triclosan	0,02	µg/l

LQ : Limite de Quantification

## LABORATOIRE LDA26 La Drôme

Organique			
Code sandre	Paramètres	LQ	Unités
1143	2,4 DDD	0,005	µg/l
1141	2,4-D	0,02	µg/l
1212	2,4-MCPA	0,02	µg/l
2011	2,6-Dichlorobenzamide	0,01	µg/l
1832	2-hydroxy atrazine	0,04	µg/l
6735	Acide acetylsalicylique	0,01	µg/l
5977	Acide perfluoro-n-heptanoïque (PFHpA)	0,02	µg/l
5978	Acide perfluoro-n-hexanoïque (PFHxA)	0,1	µg/l
5347	Acide perfluoro-octanoïque (PFOA)	0,1	µg/l
6560	Acide sulfonique de perfluorooctane (PFOS)	0,1	µg/l
1200	Alpha HCH	0,01	µg/l
1105	Aminotriazole	0,05	µg/l
2013	Anthraquinone	0,01	µg/l
1965	Asulam	0,02	µg/l
3159	Atrazine 2-hydroxy-desethyl	0,01	µg/l
1113	Bentazone	0,02	µg/l
1201	Bêta HCH	0,01	µg/l
7594	Bisphenol S	0,01	µg/l
1686	Bromacil	0,03	µg/l
1122	Bromoforme	0,5	µg/l
1924	Butyl benzyl phtalate (BBP)	0,5	µg/l
6725	Carbamazepine epoxide	0,02	µg/l
1129	Carbendazime	0,02	µg/l
1464	Chlorfenvinphos	0,02	µg/l
1540	Chlorpyrifos-méthyl	0,01	µg/l
6540	Ciprofloxacine	0,02	µg/l
1202	Delta HCH	0,01	µg/l
6616	Di(2-ethylhexyl)phtalate (DEHP)	1	µg/l
1157	Diazinon	0,03	µg/l
1158	Dibromochloromethane	0,5	µg/l
1167	Dichloromonobromométhane	0,5	µg/l
1170	Dichlorvos	0,03	µg/l
1173	Dieldrine	0,01	µg/l
1814	Diflufenicanil	0,02	µg/l
7494	Diocylétain cation	0,005	µg/l
2046	Epsilon HCH	0,01	µg/l
2629	Ethynyl estradiol	0,01	µg/l
1185	Fénarimol	0,01	µg/l
1700	Fenpropidine	0,05	µg/l
1190	Fenthion	0,04	µg/l
2009	Fipronil	0,01	µg/l
1676	Flufenoxuron	0,02	µg/l
1203	Gamma HCH	0,01	µg/l
1749	Heptachlore époxyde endo trans	0,01	µg/l
2962	Hydrocarbures dissous	50	µg/l
1210	Malathion	0,03	µg/l
1214	Mécoprop	0,02	µg/l
2076	Mesotrione	0,01	µg/l
6755	Metformine	0,02	µg/l
1511	Métoxychlore	0,02	µg/l

LQ : Limite de Quantification

<b>Organique</b>			
<b>Code sandre</b>	<b>Paramètres</b>	<b>LQ</b>	<b>Unités</b>
6731	Metronidazole	0,02	µg/l
6824	N,N-Dimethyl-N'-p-tolylsulphamide	0,01	µg/l
1462	n-Butyl Phtalate (DBP)	0,5	µg/l
5400	Norethindrone	0,02	µg/l
6533	Ofloxacin	0,02	µg/l
1666	Oxadixyl	0,02	µg/l
6830	Perfluorohexanesulfonic acid (PFHS)	0,1	µg/l
1709	Piperonyl butoxyde	0,01	µg/l
5424	Sotalol	0,02	µg/l
2051	Terbumeton désethyl	0,02	µg/l
1954	Terbutylazine hydroxy	0,02	µg/l
1280	Triadiménol	0,03	µg/l

LQ : Limite de Quantification

## Paramètres in situ

<b>Paramètres In Situ</b>	
<b>Paramètres</b>	<b>Code Sandre</b>
Température	1301
pH	1302
Conductivité (25°)	1303
O2 dissous	1311
taux de saturation en O2	1312
Potentiel redox	1330

## **Annexe 2**

# **Produits phytosanitaires détectés sur le réseau qualitatif de Martinique**



Type	Molécules	Statut / Date d'interdiction	Usages
Insecticides	Aldrine	1994	Divers
	Asulam	2012	Canne à sucre
	Chlordécone	1993	Banane
	Chlordécone 5B-hydro	métabolite CLD	
	Chlordécol	métabolite CLD	
	Chlorfenvinphos	2007	
	Dieldrine	1972	Divers
	Fenthion	2004	Agriculture, Maraîchage
	Flufenoxuron	2012	
	Heptachlore époxyde	1973	
	Lindane	1998	Divers
	Alpha HCH	métabolite Lindane	
	Beta HCH	métabolite Lindane	
	Epsilon HCH	métabolite Lindane	
Propoxur	2010	Divers	
2,4 D	Autorisé	Canne à sucre, ZNA	
Herbicides	Amétryne	2003	Ananas, banane, canne à sucre
	Atrazine	2003	Divers
	Déisopropylatrazine	métabolite Atrazine	
	Bromacil	2003	Agrumes, ananas, ZNA
	Diuron	2008	Ananas, banane, canne à sucre, ZNA
	Glyphosate AMPA	Autorisé métabolite Glyphosate	Banane, maraîchage, ZNA
	Glufosinate d'ammonium	Autorisé	Banane, maraîchage, ZNA
	Hexazinon	2008	Canne à sucre
	Imazaméthabenz méthyle	2006	
	Isoproturon 2CH3	Autorisé	Grandes cultures
	Linuron	Autorisé	Maraîchage
	Mécoprop	Autorisé	Gazon
	Métolachlore	2003	Canne à sucre
	Métolachlor ESA	métabolite Métolachlore	
	Métolachlor OXA	métabolite Métolachlore	
	Métoxuron	2007	
	Monuron	1994	Canne à sucre
Mono-linuron	1988		
Terbutylazine	2004	Vigne	
Hydroxyterbutylazine	métabolite Terbutylazine		
Fongicides	Biphényl	1987	
	Carbendazime	2008	Multiples cultures, ZNA
	Congénère 138	1987	
	Métalaxyl	Autorisé	Maraîchage
	Propiconazole	Autorisé	Banane
	Imazalil	Autorisé	Agrume, banane
	Tébuconazole	Autorisé	Maraîchage
Triclocarban	2010	Divers	
Nématicide	Aldicarbe	2007	Banane, divers
Autres	Piperonyl butoxide	Autorisé	Divers

ZNA : zone non-agricole





**Annexe 3**  
**Résultats d'analyses en molécules actives du réseau  
qualitatif de Martinique sur la période 2015-2019**



Masse d'eau	Type	Commune	Lieu dit	Molécule	SS 2015	SP 2015	Moyenne 2015	SS 2016	SP 2016	Moyenne 2016	SS 2017	SP 2017	Moyenne 2017	SS 2018	SP 2018	Moyenne 2018	SS 2019	SP 2019	Moyenne 2019				
Pelée-Est	Piézomètre	Basse Pointe	Chalvet	Caféine	0,022	0,705	0,364										0,01	0,01	0,01				
				Benzotriazole	0,019	0,005	0,012	0,017	0,010	0,014									0,01	0,01	0,01		
				Bisphenol A	0,548	0,042	0,295	2,603	0,476	1,540	0,864	2,265	1,565	0,291	0,65	0,4705	0,025	0,025	0,025				
				Méthylparaben	0,038	0,005	0,022																
	Source	Basse Pointe	Hauts Bourdon	4-nonylphenol ramifié								0,850	0,141	0,496	0,05	0,15	0,10	0,15	0,15	0,15			
				Caféine	0,180	0,029	0,105												0,024	0,01	0,017		
				Benzotriazole	0,005	0,005	0,005	0,010	0,010	0,010										0,01	0,01	0,01	
				Bisphenol A	0,050	0,099	0,075	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	
	Source	Macouba	Nord Plage	Caféine	0,202	0,010	0,106												0,01	0,01	0,01		
				Benzotriazole	0,005	0,005	0,005	0,010	0,010	0,010										0,01	0,01	0,01	
				Bisphenol A	0,010	0,027	0,019	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	
				Benzotriazole	0,051	0,013	0,032	0,016	0,010	0,013										0,708	0,037	0,3725	
Piézomètre	Basse Pointe	Rivière Falaise	Bisphenol A	3,820	0,023	1,922	1,657	0,673	1,165	0,243	1,389	0,816	0,215	0,348	0,282			0,025	0,025	0,025			
			Méthylparaben	0,062	0,005	0,034																	
			4-nonylphenol ramifié							0,330	0,05	0,190	0,05	0,15	0,10	0,15	0,437	0,2935					
			Benzotriazole	0,049	0,005	0,027	0,071	0,010	0,041										0,01	0,01	0,01		
Pelée-Ouest	Piézomètre	Saint Pierre	CDST	Bisphenol A	59,600	8,190	33,895	8,731	3,052	5,892	0,819	1,821	1,320	0,402	2,550	1,476	0,025	0,156	0,0905				
				Méthylparaben	0,256	0,005	0,131																
				4-nonylphenol ramifié							0,800	0,182	0,491	0,05	0,15	0,10	0,15	0,331	0,2405				
				Caféine	0,353	0,103	0,228													0,189	0,81	0,4995	
	Piézomètre	Prêcheur	Rivière du Prêcheur	Benzotriazole	4,420	3,620	4,020	0,591	10,000	5,296									2,95	2,376	2,663		
				Bisphenol A	0,234	0,046	0,140	0,025	0,025	0,025	0,067	0,025	0,046	0,025	0,025	0,025	0,084	0,025	0,0545				
				DEHP	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	16,8	0,500	8,65		
				4-nonylphenol ramifié							0,05	0,05	0,05	0,060	0,15	0,105	0,15	0,15	0,15	0,15			
	Jacob-Est	Piézomètre	Marigot	Anse Charpentier 2	Méthylparaben	0,014	0,005	0,010															
					Caféine	0,028	0,037	0,033												0,01	0,01	0,01	
					Benzotriazole	0,028	0,223	0,126	0,568	0,342	0,455										0,034	0,034	0,034
					Bisphenol A	1,700	9,150	5,425	5,257	1,752	3,505	0,651	1,303	0,977	0,422	0,538	0,480	0,025	0,069	0,047			
Piézomètre		Trinité	Bassignac	Méthylparaben	0,033	0,005	0,019																
				Tolyltriazole	0,041	0,005	0,023	0,010	0,010	0,010										0,01	0,01	0,01	
				4-nonylphenol ramifié							0,740	0,117	0,429	0,05	0,15	0,10	0,15	0,757	0,4535				
				Benzotriazole	0,020	0,005	0,013	0,010	0,010	0,010										0,01	0,01	0,01	
Piézomètre		Lorrain	Fond Brulé	Bisphenol A	4,310	5,520	4,915	2,318	2,510	2,414	0,614	2,532	1,573	0,557	1,030	0,794	0,025	0,064	0,0445				
				Méthylparaben	0,047	0,005	0,026																
				4-nonylphenol ramifié							0,770	0,116	0,443	0,05	0,15	0,10	0,15	0,15	0,15				
				Caféine	0,085	0,010	0,048													0,01	0,01	0,01	
Piézomètre	Gros Morne	La Borelli	Benzotriazole	0,151	0,005	0,078	0,014	0,010	0,012									0,01	0,01	0,01			
			Bisphenol A	3,190	5,120	4,155	4,282	0,569	2,426	0,209	1,513	0,861	0,220	0,352	0,286	0,025	0,025	0,025					
			Méthylparaben	0,029	0,005	0,017																	
			4-nonylphenol ramifié							0,570	0,124	0,347	0,05	0,15	0,10	0,15	0,15	0,15					
Source	Trinité	Morne Figue	Caféine	0,039	0,010	0,025												0,01	0,01	0,01			
			Benzotriazole	0,044	0,031	0,038	0,017	0,010	0,014										0,01	0,107	0,0585		
			Bisphenol A	17,300	12,700	15,000	1,931	0,612	1,272	0,291	1,710	1,001	0,326	0,601	0,464	0,025	0,025	0,025					
			Méthylparaben	0,190	0,005	0,098																	
Carbet	Piézomètre	Schoelcher	Fond Lahaye	Caféine	0,020	0,010	0,015	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025			
				Méthylparaben	0,026	0,032	0,029																
				Caféine	0,028	0,010	0,019													0,01	0,01	0,01	
				Benzotriazole	0,005	0,005	0,005	0,010	0,010	0,010										0,1	0,1	0,1	
	Piézomètre	Carbet	Fond Canal	Bisphenol A	6,860	31,100	18,980	2,813	0,957	1,885	0,399	2,004	1,202	0,322	1,000	0,661	0,025	0,025	0,025				
				Méthylparaben	0,049	0,005	0,027																
				4-nonylphenol ramifié							0,770	0,123	0,447	0,05	0,15	0,10	0,15	0,15	0,15				
				Caféine	0,010	0,010	0,010													0,025	0,36	0,1925	
	Jacob Centre	Forage d'exploitation	Robert	Vert Pré	Benzotriazole	0,005	0,005	0,005	0,010	0,010	0,010								0,034	0,024	0,029		
					Bisphenol A	0,670	0,250	0,460	0,647	0,543	0,595	0,851	0,788	0,820	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	
					DEHP	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	3,27	1,9	
					Méthylparaben	0,017	0,015	0,016															
Piézomètre		Lamentin	Habitation Ressource	4-nonylphenol ramifié								0,300	0,717	0,509	0,05	0,15	0,10	0,15	0,15	0,15			
				Caféine	0,272	0,022	0,147												0,24	0,154	0,197		
				Benzotriazole	0,005	0,012	0,009	0,017	0,028	0,023										0,051	0,025	0,038	
				Bisphenol A	0,010	0,416	0,213	0,306	0,025	0,166	0,170	0,025	0,098	0,123	0,191	0,157	0,159	0,025	0,092				
Vauclin-Pitault		Piézomètre	Marin	Grand Fond	Méthylparaben	0,017	1,330	0,674															
					Caféine	0,053	0,010	0,032													0,01	0,01	0,01
					Benzotriazole	0,005	0,005	0,005	0,010	0,010	0,010										0,046	0,101	0,0735
					Bisphenol A	13,300	21,100	17,200	5,140	2,928	4,034	0,511	2,329	1,420	0,326	0,615	0,471	0,394	0,025	0,2095			
	Forage d'exploitation	François	Habitation Victoire	Méthylparaben	0,078	0,005	0,042																
				4-nonylphenol ramifié							0,590	0,247	0,419	0,05	0,15	0,10	0,15	0,348	0,249				
				Benzotriazole	0,005	0,005	0,005	0,010	0,010	0,010										0,1	0,122	0,111	
				Bisphenol A	0,030	0,010	0,020	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025		
	Miocène	Forage d'exploitation	Rivière Salée	Nouvelle Cité	Caféine	0,010	0,022	0,016											0,01	0,041	0,0255		
					Bisphenol A	0,762	0,350	0,556	0,093	0,089	0,091	0,285	8,398	4,342	0,444	8,900	4,672	0,77	1,2	0,985			
					Méthylparaben	0,005	0,019	0,012															
					4-nonylphenol ramifié							0,410	0,159	0,285	0,05	0,15	0,10	0,15	0,15	0,15			
Piézomètre		Rivière Pilote	Fougainville	Benz																			



## **Annexe 4**

# **Résultats d'analyses en produits phytosanitaires du réseau qualitatif de Martinique sur la période 2014-2019**







Masse d'eau	Type	Commune	Lieu dit	Molécule	[] SS 2014	[] SP 2014	Moyenne [] 2014	[] SS 2015	[] SP 2015	Moyenne [] 2015	[] SS 2016	[] SP 2016	Moyenne [] 2016	[] SS 2017	[] SP 2017	Moyenne [] 2017	[] SS 2018	[] SP 2018	Moyenne [] 2018	[] SS 2019	[] SP 2019	Moyenne [] 2019	Moyenne des moyennes des [] 2014-2019				
Jacob-Est	Piézomètre	Marigot	Anse Charpentier	Beta HCH	0,09		0,09																0,090				
				Chlordécone	0,41		0,41																		0,410		
				<b>MOYENNES</b>	0,25		0,25																			0,250	
	Piézomètre	Marigot	Anse Charpentier 2	Chlordécone				0,17	0,125	0,1475	0,07	0,07	0,07	0,06	0,09	0,075	0,08	0,1	0,09	0,11	0,115	0,1125	0,099				
				Glyphosate				0,05	0,025	0,0375	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,020		
				<b>MOYENNES</b>				0,11	0,075	0,0925	0,0425	0,0425	0,0425	0,0375	0,0525	0,0450	0,0475	0,0575	0,0525	0,0625	0,0650	0,0638	0,059				
	Piézomètre	Trinité	Bassignac	Chlordécol					0,17	0,17	0,17	0,04	0,05	0,045	0,015	0,05	0,0325	0,04	0,16	0,1	0,03	0,015	0,0225	0,074			
				Chlordécone				10	7,93	8,965	10,2	8,99	9,595	7,76	9,77	8,765	5,95	7,93	6,94	8,28	7,18	7,73	8,399	8,399			
				Chlordécone 5b-hydro				0,04	0,031	0,0355	0,08	0,03	0,055	0,015	0,14	0,0775	0,03	0,34	0,185	0,04	0,07	0,055	0,082				
					<b>MOYENNES</b>				5,02	2,71033333	3,05683333	3,44	3,02333333	3,23166667	2,59666667	3,32	2,95833333	2,00666667	2,81	2,40833333	2,78333333	2,42166667	2,6025	2,852			
	Piézomètre	Lorrain	Fond Brulé	2,4 DDD	0,006	0,0025	0,00425	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
				Beta HCH	3,401	3,71	3,5555	3,071	1,788	2,4295	6,2	1,405	3,8025	3,5	3,835	3,6675	2,925	2,971	2,948	2,757	0,005	1,381	2,964				
				Chlordécol	0,18	0,11	0,145		0,319	0,319	0,08	0,14	0,11	0,09	0,12	0,105	0,14	0,38	0,26	0,07	0,015	0,0425	0,164				
				Chlordécone	20,4	28,7	24,55	28,6	20,3	24,45	29,2	29,5	29,35	22,1	25,8	23,95	28,9	24	26,45	25,6	28,5	27,05	25,967				
				Chlordécone 5b-hydro	0,26	0,27	0,265	0,39	0,201	0,2955	0,33	0,33	0,33	0,17	0,72	0,445	0,23	1,08	0,655	0,81	0,732	0,771	0,460				
				Dieldrine	0,005	0,0025	0,00375	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
				Gamma HCH (lindane)	0,0025	0,0025	0,0025	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,554	0,2795	0,005	0,005	0,005	0,050		
				<b>MOYENNES</b>	3,46492857	4,68535714	4,07514286	5,346	3,23185714	3,92985714	5,11785714	4,48428571	4,80107143	3,69642857	4,35571429	4,02607143	4,60142857	4,14214286	4,37178571	4,17885714	4,181	4,17982857	4,231				
								<b>MOYENNES</b>	0,054	0,082	0,068	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,054
								<b>MOYENNES</b>	0,054	0,082	0,068	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,054
Carbet	Piézomètre	Schoelcher	Fond Lahaye	Beta HCH	0,214	0,021	0,1175	0,012	0,01	0,011	0,02	0,012	0,016	0,005	0,026	0,0155	0,005	0,019	0,012	0,005	0,011	0,008	0,030				
				Chlordécol	0,07	0,03	0,05		0,068	0,068	0,06	0,08	0,07	0,05	0,05	0,05	0,04	0,22	0,13	0,015	0,033	0,024	0,065				
				Chlordécone	5,92	4,53	5,225	6,52	10,5	8,51	5,13	4,93	5,03	4,48	4,43	4,455	4,86	5,34	5,1	4,83	5,38	5,105	5,571				
					Chlordécone 5b-hydro	0,04	0,08	0,06	0,031	0,015	0,023	0,05	0,015	0,0325	0,015	0,06	0,0375	0,015	0,05	0,0325	0,07	0,015	0,0425	0,038			
					Dieldrine	0,07	0,008	0,039	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,011			
					Glyphosate	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,015	0,015	0,015	0,015	0,04	0,0275	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,020			
					Triclocarban				0,026	0,01	0,018													0,018			
					<b>MOYENNES</b>	1,0565	0,78233333	0,91941667	1,10316667	1,519	1,23714286	0,88	0,84283333	0,86141667	0,76166667	0,7685	0,76508333	0,82333333	0,9415	0,88241667	0,82333333	0,90983333	0,86658333	0,922			
					<b>MOYENNES</b>	0,025	0,025	0,025	0,18	0,025	0,1025	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,031			
					<b>MOYENNES</b>	0,01	0,01	0,01	0,55		0,55													0,280			
Jacob Centre	Piézomètre	Schoelcher	Fond Lahaye	Triclocarban				0,021	0,01	0,0155													0,016				
				Chlordécone	0,015	0,05	0,0325	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,018			
				<b>MOYENNES</b>	0,01666667	0,02833333	0,0225	0,1915	0,01666667	0,17075	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,042		
	Piézomètre	Carbet	Fond Canal	Dieldrine	0,006	0,0025	0,00425	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005			
				<b>MOYENNES</b>	0,006	0,0025	0,00425	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005			
				Beta HCH	0,039	0,073	0,056	0,158	0,029	0,0935	0,017	0,005	0,011	0,028	0,047	0,0375	0,024	0,005	0,0145	0,005	0,102	0,0535	0,044				
					Chlordécol	0,05	0,025	0,0375		0,025	0,025	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,04	0,0275	0,015	0,015	0,023				
					Chlordécone	2,36	2,76	2,56	3,82	1,18	2,5	1,29	2,42	1,855	2,05	2,75	2,4	2,82	2,06	2,44	2,53	3,33	2,93	2,448			
					Chlordécone 5b-hydro	0,015	0,04	0,0275	0,057	0,015	0,036	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,04	0,0275	0,015	0,03	0,0225	0,024			
					Tebuconazole	0,0025	0,0025	0,0025	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,016			
				<b>MOYENNES</b>	0,4933	0,5801	0,5367	1,01625	0,2558	0,5369	0,2734	0,497	0,3852	0,4276	0,5714	0,4995	0,5753	0,4295	0,5024	0,5135	0,6959	0,6047	0,511				
				<b>MOYENNES</b>	0,023	0,0025	0,01275	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,008				
				<b>MOYENNES</b>	0,015	0,04	0,0275	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,017				
Vauclin-Pitault	Piézomètre	Marin	Grand Fond	Bromacil	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,0025	0,36	0,18125	0,015	0,015	0,015	0,049				
				Désisopropylatrazine				0,016	0,0025	0,00925	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,004			
				Desethyl-Atrazine-2-Hydroxy				0,0025	0,0025	0,0025	0,013	0,01	0,0115	0,01	0,012	0,011	0,012	0,013	0,0125	0,01	0,012	0,011	0,012	0,010			
					Dieldrine	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,005	0,042	0,0235	0,005	0,005	0,005				
					<b>MOYENNES</b>	0,025	0,025	0,025	0,017125	0,01375	0,0154375	0,016375	0,015625	0,016125	0,015875	0,0055	0,104375	0,0549375	0,008125	0,008625	0,008375	0,023					
					2,4 D	0,025	0,025	0,025	0,01	0,12	0,065	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,022				
					Chlordécone	0,28	0,33	0,305	0,37	0,34	0,355	0,27	0,31	0,29	0,23	0,34	0,285	0,26	0,3	0,28	0,36	0,382	0,371	0,314			
					Métolachlore	0,026	0,0025	0,01425	0,032	0,0025	0,01725	0,															

## **Annexe 5**

# **Moyennes des moyennes annuelles (Mma) en produits phytosanitaires pour la période de 2014 à 2019**



Masse d'eau	n° BSS	Type	Commune	Lieu dit	Moyenne 2014	Moyenne 2015	Moyenne 2016	Moyenne 2017	Moyenne 2018	Moyenne 2019	Moyennes des moyennes Mma 2014-2019
<b>Pelée-Est</b>	1166ZZ0026	Piézomètre	Basse Pointe	Chalvet	0,13	0,11	0,06	0,16	0,15	0,10	0,12
	1166ZZ0032	Source	Basse Pointe	Socco Gradis Amont	0,84	0,82					0,83
	1166ZZ0020	Source	Basse Pointe	Source Hauteurs Bourdon				0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Pelée-Ouest</b>	1166ZZ0023	Source	Macouba	Nord Plage	0,71	0,75	0,72	0,71	0,93	0,89	0,78
	1168ZZ0054	Piézomètre	Basse Pointe	Rivière Falaise	0,09	0,11	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07
	1167ZZ0045	Piézomètre	Saint Pierre	CDS	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	1167ZZ0024	Piézomètre	Prêcheur	Rivière du Prêcheur	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	1169ZZ0006	Piézomètre	Marigot	Anse Charpentier	0,25						0,25
<b>Jacob-Est</b>	1169ZZ0184	Piézomètre	Marigot	Anse Charpentier 2		0,09	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
	1175ZZ0190	Piézomètre	Trinité	Bassignac		3,06	3,23	2,96	2,41	2,60	2,85
	1169ZZ0084	Piézomètre	Lorrain	Fond Brulé	4,08	3,93	4,80	4,03	4,37	4,18	4,23
	1174ZZ0088	Piézomètre	Gros Morne	La Borelli	0,07	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05
	1175ZZ0153	Source	Trinité	Morne Figue	0,92	1,24	0,86	0,77	0,88	0,87	0,92
<b>Carbet</b>	1177ZZ0177	Piézomètre	Schoelcher	Fond Lahaye	0,02	0,17	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
	1172ZZ0063	Piézomètre	Carbet	Fond Canal	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
<b>Jacob Centre</b>	1175ZZ0106	Forage	Robert	Vert Pré	0,54	0,54	0,39	0,50	0,50	0,60	0,51
	1179ZZ0070	Piézomètre	Lamentin	Habitation Ressource	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
<b>Vauclin-Pitault</b>	1186ZZ0118	Piézomètre	Marin	Grand Fond	0,03	0,02	0,02	0,02	0,05	0,01	0,02
	1179ZZ0228	Forage	Francois	Habitation Victoire	0,11	0,15	0,10	0,10	0,10	0,13	0,12
<b>Miocène</b>	1182ZZ0160	Piézomètre	Rivière Salée	Nouvelle Citée	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1183ZZ0052	Piézomètre	Rivière Pilote	Fougainville	0,42	0,36	0,40	0,45	0,53	0,47	0,44
<b>Trois Ilets</b>	1181ZZ0132	Piézomètre	Trois Ilets	Vatable	0,03	0,28	0,03	0,03	0,03	0,01	0,07
	1184ZZ0001	Piézomètre	Diamant	Habitation Dizac	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02

Moyenne des concentrations en produits phytosanitaires inférieure à 0,1 µg/l  
Moyenne des concentrations en produits phytosanitaires supérieure à 0,1 µg/l  
Les concentrations sont en µg/l



## **Annexe 6**

# **Sommes annuelles en produits phytosanitaires pour la période de 2014 à 2019**



Masse d'eau	n° BSS	Type	Commune	Lieu dit	Somme 2014	Somme 2015	Somme 2016	Somme 2017	Somme 2018	Somme 2019	Moyenne des sommes 2014-2019
Pelée-Est	1166ZZ0026	Piézomètre	Basse Pointe	Chalvet	1,97	1,74	0,86	2,39	2,58	1,73	1,88
	1166ZZ0032	Source	Basse Pointe	Socco Gradis Amont	6,66	7,34					7,00
	1166ZZ0020	Source	Basse Pointe	Source Hauteurs				0,00	0,00	0,00	0,00
	1166ZZ0023	Source	Macouba	Nord Plage	5,68	6,72	5,73	5,64	7,42	7,12	6,38
Pelée-Ouest	1168ZZ0054	Piézomètre	Basse Pointe	Rivière Falaise	0,94	1,49	0,97	0,78	0,82	0,88	0,98
	1167ZZ0045	Piézomètre	Saint Pierre	CDST	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
	1167ZZ0024	Piézomètre	Prêcheur	Rivière du Prêcheur	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,01
	1169ZZ0006	Piézomètre	Marigot	Anse Charpentier	0,50						0,50
Jacob-Est	1169ZZ0184	Piézomètre	Marigot	Anse Charpentier 2		0,19	0,07	0,08	0,09	0,11	0,11
	1175ZZ0190	Piézomètre	Trinité	Bassignac		9,17	9,70	8,88	7,23	7,81	8,55
	1169ZZ0084	Piézomètre	Lorrain	Fond Brulé	28,52	27,49	33,59	28,17	30,59	29,24	29,60
	1174ZZ0088	Piézomètre	Gros Morne	La Borelli	0,07	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,02
Carbet	1175ZZ0153	Source	Trinité	Morne Figue	5,49	8,63	5,15	4,59	5,27	5,18	5,72
	1177ZZ0177	Piézomètre	Schoelcher	Fond Lahaye	0,03	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
	1172ZZ0063	Piézomètre	Carbet	Fond Canal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jacob Centre	1175ZZ0106	Forage	Robert	Vert Pré	2,68	2,63	1,87	2,44	2,51	3,01	2,52
	1179ZZ0070	Piézomètre	Lamentin	Habitation Ressource	0,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01
Vauclin-Pitault	1186ZZ0118	Piézomètre	Marin	Grand Fond	0,00	0,01	0,01	0,01	0,22	0,01	0,04
	1179ZZ0228	Forage	Francois	Habitation Victoire	0,32	0,44	0,30	0,29	0,29	0,39	0,34
Miocène	1182ZZ0160	Piézomètre	Rivière Salée	Nouvelle Citée	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1183ZZ0052	Piézomètre	Rivière Pilote	Fougainville	2,03	1,78	1,93	2,21	2,61	2,30	2,14
	1181ZZ0132	Piézomètre	Trois Ilets	Vatable	0,05	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
Trois Ilets	1184ZZ0001	Piézomètre	Diamant	Habitation Dizac	0,07	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02

Somme des concentrations en produits phytosanitaires inférieure à 0,5 µg/l  
 Somme des concentrations en produits phytosanitaires supérieure à 0,5 µg/l  
 Les concentrations sont en µg/l

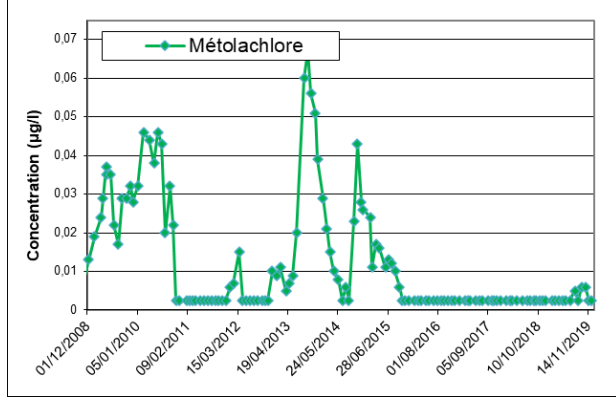
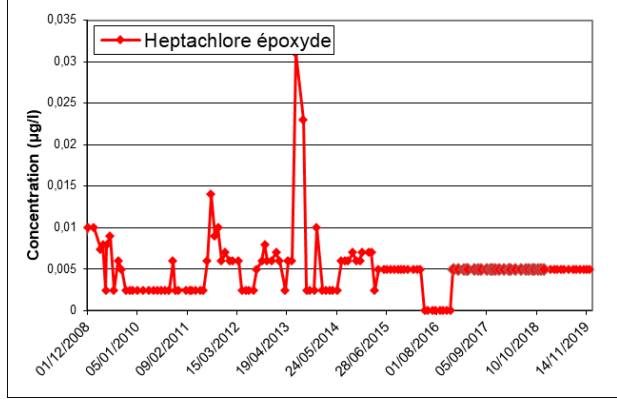
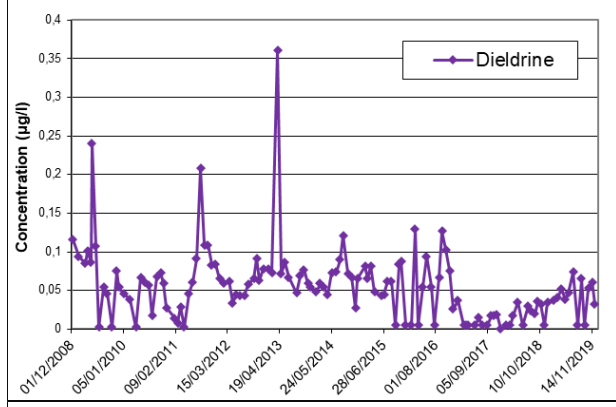
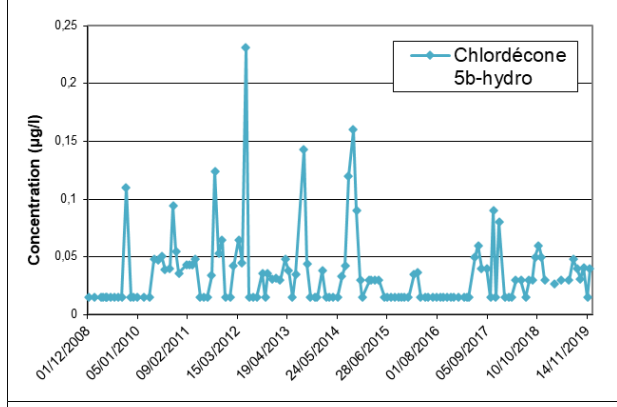
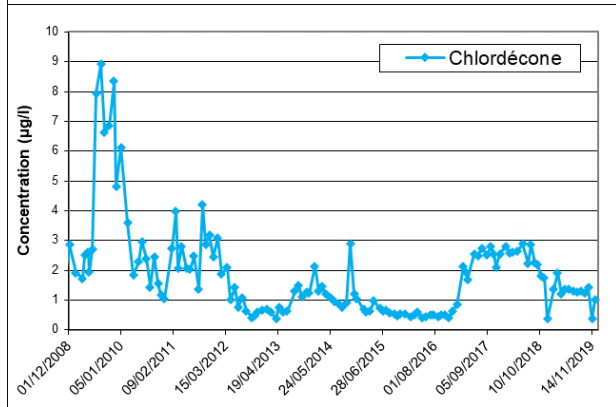
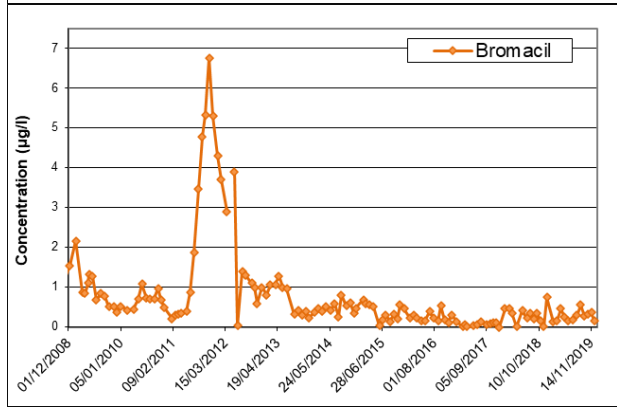
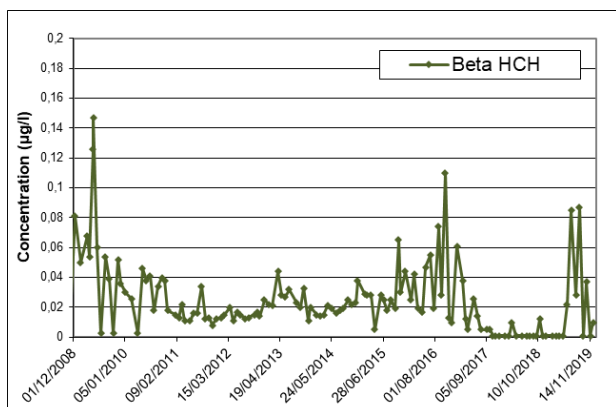
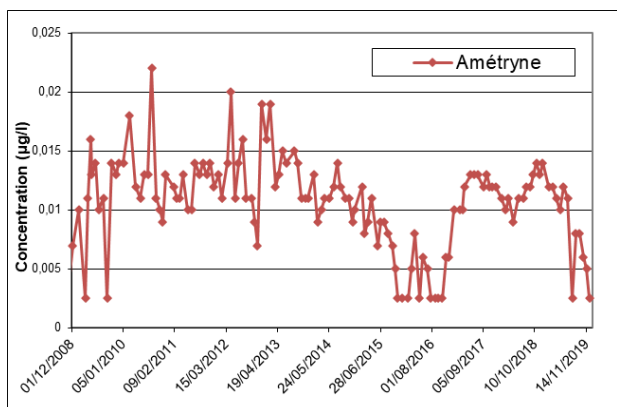




## **Annexe 7**

# **Fluctuations mensuelles des produits phytosanitaires sur la station de Basse Pointe - Chalvet**



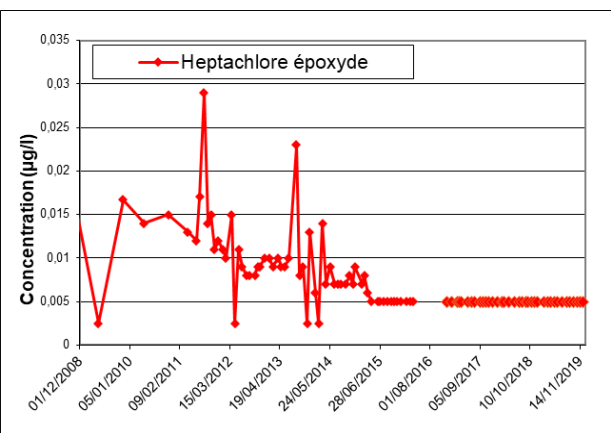
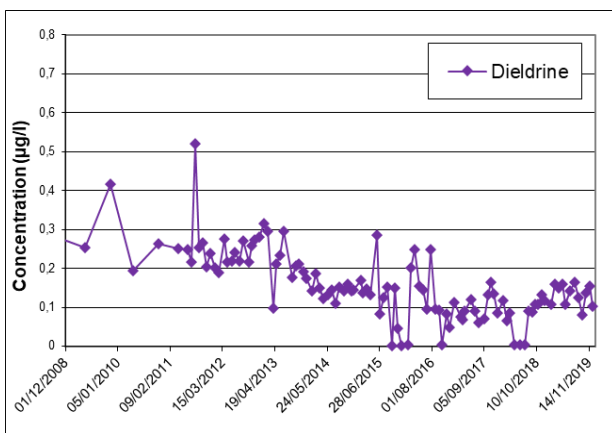
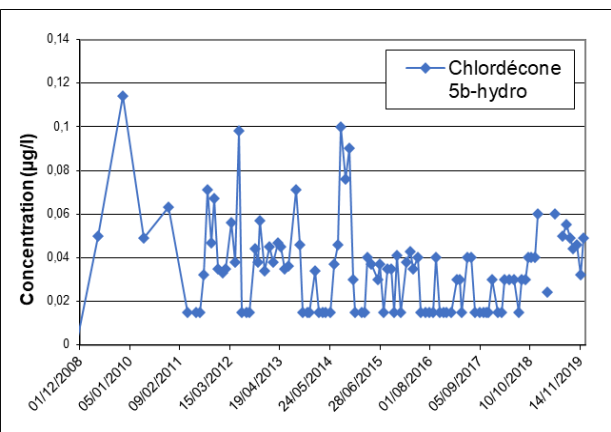
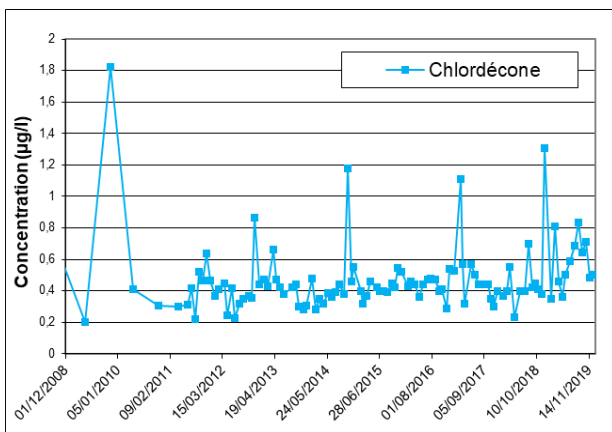




## **Annexe 8**

# **Fluctuations mensuelles des produits phytosanitaires sur la station de Basse Pointe - Rivière Falaise**





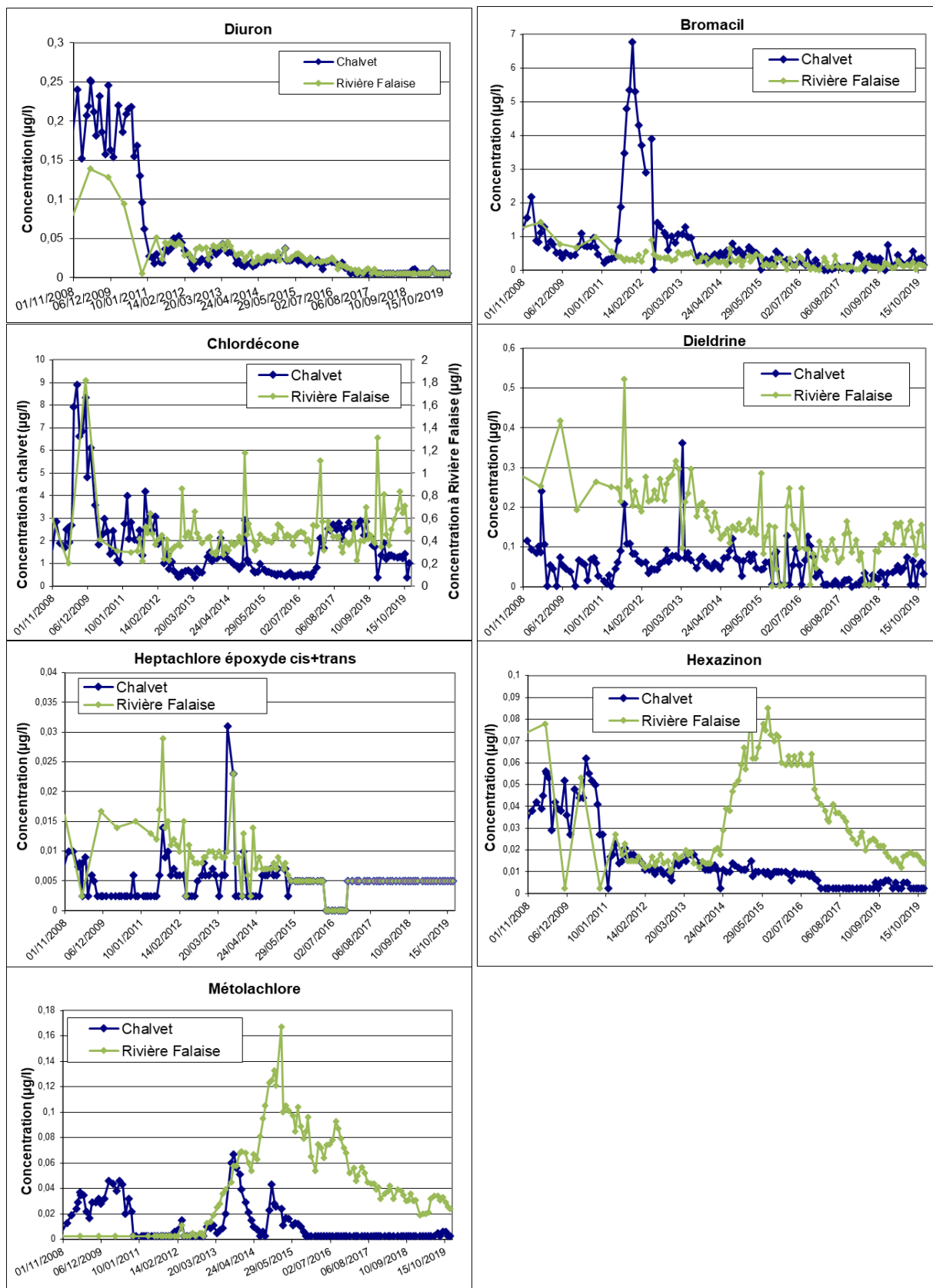




## **Annexe 9**

# **Comparaison des fluctuations mensuelles des produits phytosanitaires sur les stations de Basse Pointe à Chalvet et Rivière Falaise**



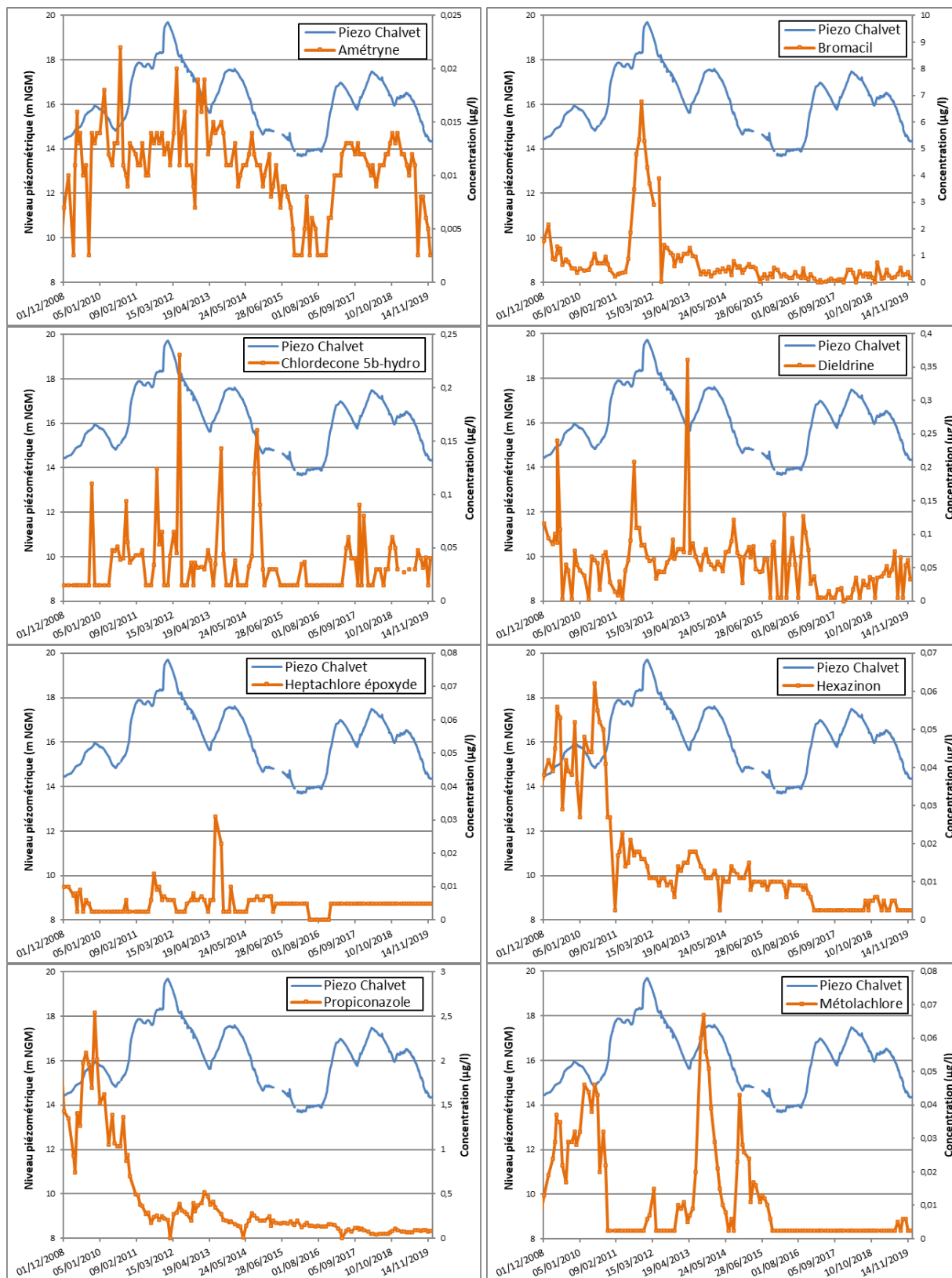




## **Annexe 10**

# **Relation entre piézométrie et concentration en produits phytosanitaires sur la station de Basse Pointe - Chalvet**



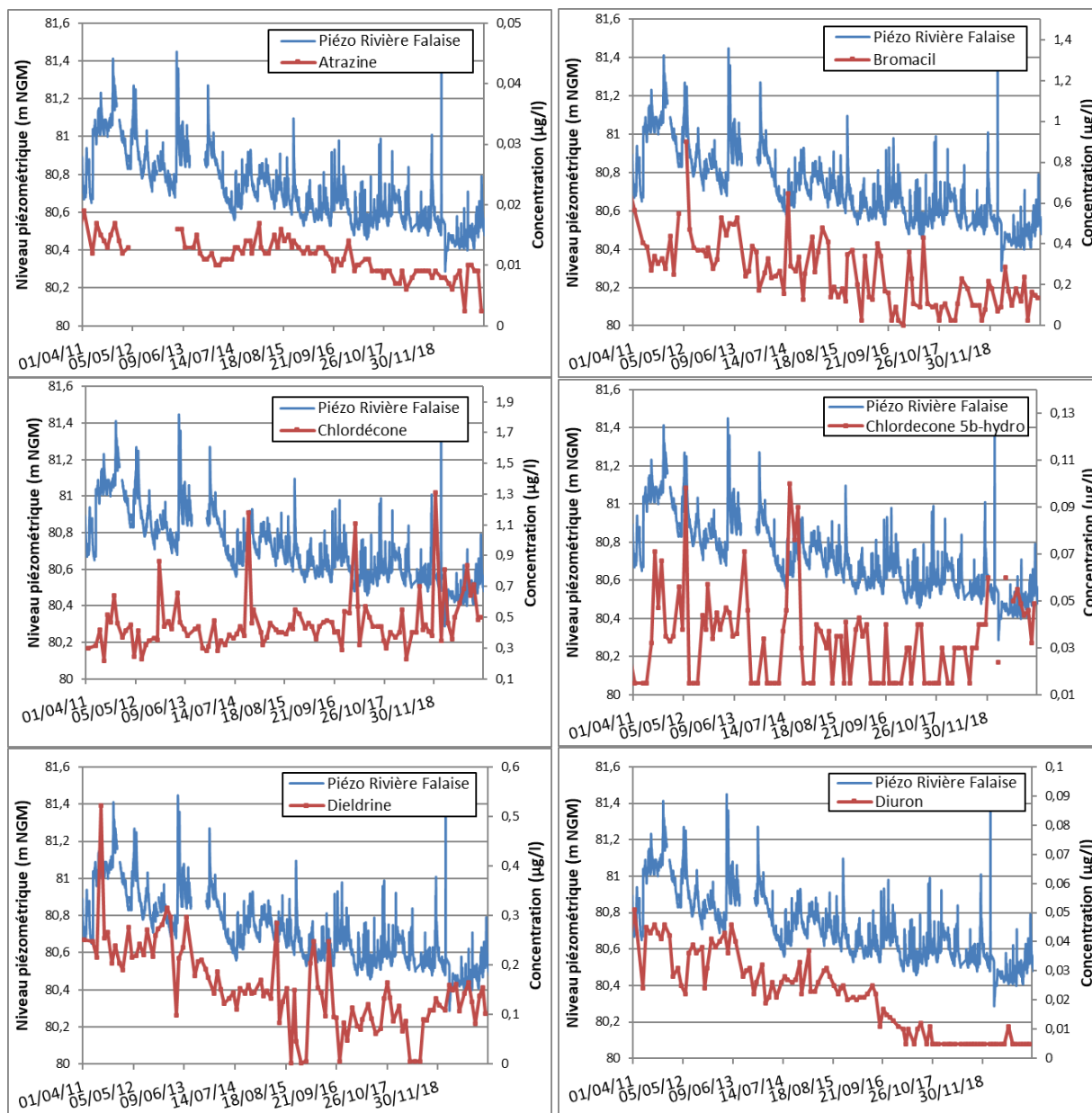






**Annexe 11**  
**Relation entre piézométrie et concentration en produits**  
**phytosanitaires sur la station de Basse Pointe - Rivière**  
**Falaise**











**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemain  
BP 6009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Direction régionale de Martinique**  
4 lot. Miramar  
Route Point des Nègres  
97200 – Fort De France - Martinique  
Tél. : 05 96 71 17 70