

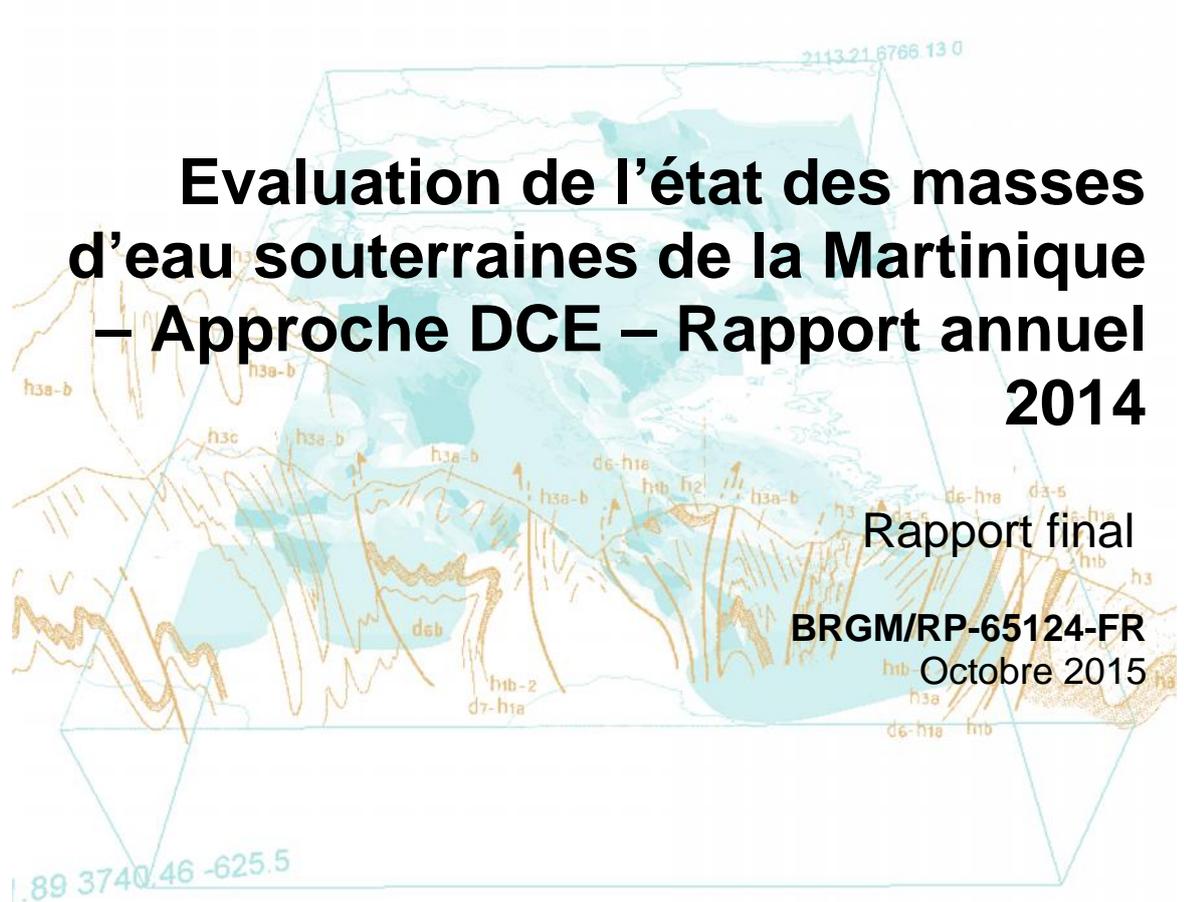


# Evaluation de l'état des masses d'eau souterraines de la Martinique – Approche DCE – Rapport annuel 2014

Rapport final

BRGM/RP-65124-FR

Octobre 2015





# Evaluation de l'état des masses d'eau souterraines de la Martinique – Approche DCE – Rapport annuel 2014

Rapport final

**BRGM/RP-65124-FR**

Octobre 2015

Étude réalisée dans le cadre du projet  
d'appui aux politiques publiques du BRGM 13OBS0842

**A.-L. Taïlamé, P. Subra**

**Vérificateur :**

Nom : L. Gourcy

Date :

**Approbateur :**

Nom : J.-C. Audru

Date :

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008 et 14001:2004.



**Mots clés** : Réseau de surveillance, Directive Cadre sur l'Eau, État masse d'eau, 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 :

Taïlamé A.-L. et P. Subra (2015) – Evaluation de l'état des masses d'eau souterraines de la Martinique – Approche DCE – Rapport annuel 2014. Rapport BRGM/RP-65124-FR, 75 p., 35 ill., 6 ann.

© BRGM, 2015. Ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

La directive cadre européenne sur l'eau (Directive 2000/60/CE ou 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 pour l'année 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 de 18 points au titre du contrôle de surveillance et du contrôle opérationnel et de 2 points au titre du contrôle opérationnel. Depuis décembre 2008, il est complété par un suivi mensuel sur 2 points de surveillance.

L'année 2014 marque la 7<sup>ème</sup> année du programme de surveillance et fait donc l'objet d'une révision de l'état des lieux des masses d'eau souterraine.

La procédure d'évaluation de l'état des masses d'eau, intégrant les tests de l'enquête appropriée (lors d'un dépassement des valeurs seuils), est précisée dans l'arrêté du 2 juillet 2012 portant modification de l'arrêté du 17 décembre 2008. Cette évaluation porte à la fois sur l'état quantitatif et sur l'état chimique des masses d'eau souterraines.

L'appréciation de l'état quantitatif s'appuie sur l'exploitation des données issues du réseau piézométrique de Martinique qui compte 29 ouvrages. Dans un souci de représentativité temporelle des chroniques, la période 2005-2014 a été retenue pour définir les états quantitatifs.

L'évaluation de l'état qualitatif repose d'une part sur le traitement des données acquises dans le cadre du réseau de surveillance DCE de la Martinique (réseau de contrôle de surveillance (RCS) et de contrôle opérationnel (RCO)), et d'autre part sur toutes les données de surveillance issues de réseaux autres que DCE et disponibles via la banque de données ADES. La période de référence commune proposée pour cette évaluation s'étend de 2007 à 2010 (d'après la circulaire du 23 octobre 2012 relative à l'arrêté du 17 septembre 2008). Toutefois les données jusqu'à 2014 ont été consultées pour affiner le diagnostic.

A l'issue de cette expertise, la totalité des masses d'eau souterraines 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 connaissance sur les incidences des relations eaux de surface – eaux souterraines et sur l'impact des eaux souterraines sur les écosystèmes terrestres associés.

D'un point de vue qualitatif, trois masses d'eau sur six apparaissent classées en bon état. Il s'agit des masses d'eau Nord Caraïbes (FRJG203), Sud Atlantique (FRJG205) et Sud Caraïbes (FRJG206). Les autres, masse d'eau Nord (FRJG201), Nord Atlantique (FRJG202) et Centre (FRJG204) sont classées en mauvais état en raison d'une contamination étendue aux pesticides organochlorés.

Le niveau de confiance de cette évaluation de l'état chimique est considéré comme faible en raison du manque de connaissance sur les relations nappes-rivières, nappes-écosystèmes terrestres associés.

La poursuite d'un suivi mensuel sur 2 des points du réseau sur un nouveau cycle hydrologique a permis d'apprécier les différences existant d'un cycle à l'autre (variations saisonnières plus modérées en 2011-2012 puis 2012-2013 et 2013-2014 vs. 2009-2011). L'apport de mesures à fréquence mensuelle est indéniable d'une part pour valider les résultats des analyses semestrielles et d'autre part pour caractériser les variations observées et tenter de les expliquer.

Au regard des nouvelles données disponibles, il est probable que les cycles pluri-annuels se surimposant aux cycles intra-annuels des nappes jouent un rôle primordial sur les concentrations en pesticides mesurées dans les eaux. Compte tenu de l'inertie des nappes, la validation de cette hypothèse nécessite cependant une acquisition de données sur le long terme.

Une étude complémentaire en 2013 sur les sources des masses d'eau Centre et Sud Atlantique ont permis de mettre en évidence la nécessité de mise à jour du pourcentage de surfaces potentiellement à risque phytosanitaires.

## Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>13</b>
<b>2. Présentation des données disponibles pour l'évaluation de l'état des masses d'eau souterraine de Martinique .....</b>	<b>15</b>
2.1. INVENTAIRE DES DONNÉES « QUANTITÉ » .....	15
2.1.1. Les réseaux sur le bassin Martinique .....	15
2.1.2. Synthèse des données acquises.....	18
2.2. RECENSEMENT DES DONNÉES « QUALITÉ » .....	19
2.2.1. Fonctionnement des réseaux de contrôle.....	19
<b><u>Surveillance semestrielle</u></b> .....	22
<b><u>Surveillance mensuelle</u></b> .....	23
2.2.2. Mise à disposition des données.....	23
<b>3. Les procédures d'évaluation de l'état des masses d'eau souterraine .....</b>	<b>25</b>
3.1. ÉVALUATION DE L'ÉTAT QUANTITATIF .....	25
3.1.1. Définition du « bon état quantitatif » .....	25
3.1.2. Procédure générale : description des tests de classification pour l'évaluation de l'état quantitatif .....	25
3.1.3. Période de référence.....	28
3.2. ÉVALUATION DE L'ÉTAT QUALITATIF.....	28
3.2.1. Définition du « bon état chimique » .....	28
3.2.2. Procédure générale.....	29
3.2.3. Valeurs seuils et normes de qualité.....	35
3.2.4. Limite de quantification.....	35
3.2.5. Niveau de confiance de l'évaluation .....	35
<b>4. Evaluation de l'état des masses d'eau souterraine de la Martinique .....</b>	<b>37</b>
4.1. ÉVALUATION DU BON ÉTAT QUANTITATIF .....	37
4.1.1. Présentation des résultats .....	37
4.1.2. Évaluation de l'état quantitatif des masses d'eau souterraines dans le cadre de la révision de l'état des lieux 2014 .....	38
4.2. ÉVALUATION DU BON ÉTAT QUALITATIF (ÉTAPE 1).....	39

4.2.1. Masse d'eau Nord – FRJG201 .....	40
4.2.2. Masse d'eau Nord Atlantique – FRJG202.....	41
4.2.3. Masse d'eau Nord Caraïbe – FRJG203.....	43
4.2.4. Masse d'eau Centre – FRJG204 .....	43
4.2.5. Masse d'eau Sud Atlantique – FRJG205.....	44
4.2.6. Masse d'eau Sud Caraïbes – FRJG206 .....	45
4.2.7. Réalisation des enquêtes appropriées et niveau de confiance .....	46
<b>5. Dossiers complémentaires : Suivi mensuel de la contamination par les produits phytosanitaires.....</b>	<b>53</b>
5.1. MÉTHODOLOGIE .....	53
5.2. PRÉSENTATION DES DEUX POINTS DE SURVEILLANCE CONCERNÉS PAR LE SUIVI MENSUEL .....	53
5.2.1. Contexte géologique et hydrogéologique.....	53
5.2.2. Pressions agricoles et contamination .....	56
5.3. CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX ET VARIABILITÉ TEMPORELLE .....	58
5.4. ÉVOLUTION MENSUELLE DES CONCENTRATIONS EN PESTICIDES .....	60
5.4.1. Apport de la fréquence mensuelle .....	60
5.4.2. Fluctuations mensuelles par molécule.....	60
5.5. RELATION PIÉZOMETRIE-CONCENTRATIONS EN PESTICIDES .....	64
5.5.1. À Chalvet.....	64
5.5.2. Chez Lélène .....	65
5.6. RELATION PIÉZOMETRIE – CONCENTRATION EN NITRATES.....	66
5.7. ÂGE DES EAUX SOUTERRAINES ET CONTAMINATION PAR LES PESTICIDES .....	67
5.7.1. À Chalvet.....	67
5.7.2. Chez Lélène .....	68
5.8. CONCLUSIONS SUR LE SUIVI MENSUEL DES STATIONS DE BASSE POINTE .....	70
<b>6. Conclusions.....</b>	<b>71</b>
<b>7. Bibliographie .....</b>	<b>73</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 : Carte de répartition des stations du réseau piézométrique de Martinique (décembre 2014).....	17
Illustration 2 : Taux d'acquisition des mesures et nombre de points du réseau .....	18
Illustration 3 : Stations constituant le réseau unitaire RDESOUPMAR du BRGM Martinique.....	19
Illustration 4 : Liste des points de surveillance du réseau DCE en 2014 (Cs = contrôle de surveillance, Co = contrôle opérationnel) .....	20
Illustration 5 : Situation géographique des ouvrages du réseau DCE en 2013.....	21
Illustration 6 : Paramètres analysés dans le cadre de la surveillance semestrielle 2014.....	23
Illustration 7 : Tests de classification pour l'évaluation de l'état quantitatif et qualitatif et l'application de l'enquête appropriée au titre de l'évaluation de l'état chimique .....	26
Illustration 8 : Définition du bon état chimique des masses d'eau souterraines – Extrait de la Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE, annexe V.2.3.2.....	29
Illustration 9 : Procédure générale pour l'évaluation du bon état chimique d'une masse d'eau souterraine .....	31
Illustration 10 : Test qualité général permettant d'évaluer la proportion de la masse d'eau en bon état .....	33
Illustration 11 : Tableau des paramètres à analyser avec une fréquence de 1 à 2 fois par an (arrêté du 25 janvier 2010 sur la surveillance de l'état des eaux) .....	36
Illustration 12 : Types de fluctuations piézométriques rencontrées en Martinique .....	38
Illustration 13 : Tableau récapitulatif des nouvelles valeurs seuils proposées pour la Martinique.....	42
Illustration 14 : Tableau des pourcentages des superficies concernées par masse d'eau (avec et sans hiérarchisation de la pression associée à chaque type de culture) et carte de risque de contamination des eaux souterraines par les intrants agricoles correspondante; Arnaud et Wiat (2010).....	48
Illustration 15 : Résultats de l'enquête appropriée pour l'évaluation de l'état qualitatif des 6 masses d'eau souterraine de la Martinique, dans le cadre de la révision de l'état des lieux 2014.....	50
Illustration 16 : Carte de l'état qualitatif des points d'eau et masse d'eau souterraine dans le cadre de l'évaluation 2014 .....	51
Illustration 17 : Carte géologique (Westercamp et al., 1990).....	54
Illustration 18 : Coupes géologiques et techniques des forages de Chalvet (à gauche) et Chez Lélène (à droite).....	55
Illustration 19 : Chronique piézométrique du forage de Chalvet au pas de temps journalier (janvier 2006 – décembre 2014) .....	55
Illustration 20 : Chronique piézométrique du forage Chez Lélène au pas de temps journalier (janvier 2004 – décembre 2014) .....	56
Illustration 21 : Chronique piézométrique de Chez Lélène au pas de temps horaire (du 7 au 14 mai 2012) .....	56

Illustration 22 : Délimitation approximative des bassins d'alimentation des forages Chez Lélène et Chalvet (les zones hachurées correspondent aux principales zones de recharge) (Arnaud et al., 2013) .....	57
Illustration 23 : Carte de l'occupation du sol (CNASEA, 2006) .....	57
Illustration 24 : Récapitulatif des principales molécules détectées dans les eaux souterraines pour Chalvet et Chez Lélène pour l'année 2014 .....	58
Illustration 25 : Évolution de la conductivité électrique de l'eau à Chalvet et Chez Lélène .....	59
Illustration 26 : Évolution des concentrations en silice et potassium à Chalvet et Chez Lélène .....	59
Illustration 27 : Évolution des concentrations en beta HCH à Chalvet depuis décembre 2005 et des teneurs en chlordécone-5b-hydro à Chez Lélène depuis avril 2009.....	60
Illustration 28 : Fluctuations mensuelles mesurées sur Basse Pointe_Chalvet pour différents pesticides (les valeurs inférieures à la limite de quantification sont arbitrairement représentées comme égales à LQ/2).....	62
Illustration 29 : Comparaison des fluctuations mensuelles sur Chalvet et Chez Lélène pour la chlordécone, la chlordécone 5B-hydro, la dieldrine, l'heptachlore époxyde, le beta HCH, le diuron et le bromacil.....	64
Illustration 30 : Fluctuations des concentrations en chlordécone et bromacil et du niveau piézométrique au droit du forage de Basse Pointe_Chalvet .....	64
Illustration 31 : Fluctuations des concentrations en diuron, propiconazole, beta HCH et hexazinon et du niveau piézométrique au droit du forage de Basse Pointe_Chalvet.....	65
Illustration 32 : Fluctuations des concentrations en dieldrine, beta HCH, bromacil, chlordécone, diuron et hexazinon et du niveau piézométrique au droit du forage de Basse-Pointe_Chez Lélène .....	66
Illustration 33 : Fluctuations des concentrations en nitrates et du niveau piézométrique au droit des forages de Chalvet et de Chez Lélène .....	67
Illustration 34 : Variations des CFC-12 et CFC-113 au forage Chalvet .....	68
Illustration 35 : Variations des CFC-12, CFC-113 et NO3 au forage Chez Lélène.....	69

## Liste des annexes

Annexe 1 Moyennes des moyennes annuelles ( <i>Mma</i> ) et fréquence de dépassement en % ( <i>Freq</i> ) pour la masse d'eau Nord – FRJ201 .....	77
Annexe 2 Moyennes des moyennes annuelles ( <i>Mma</i> ) et fréquence de dépassement en % ( <i>Freq</i> ) pour la masse d'eau Nord Atlantique – FRJ202 .....	81
Annexe 3 Moyennes des moyennes annuelles ( <i>Mma</i> ) et fréquence de dépassement en % ( <i>Freq</i> ) pour la masse d'eau Nord Caraïbes – FRJ203.....	85
Annexe 4 Moyennes des moyennes annuelles ( <i>Mma</i> ) et fréquence de dépassement en % ( <i>Freq</i> ) pour la masse d'eau Centre – FRJ204 .....	89
Annexe 5 Moyennes des moyennes annuelles ( <i>Mma</i> ) et fréquence de dépassement en % ( <i>Freq</i> ) pour la masse d'eau Sud Atlantique – FRJ205 .....	93
Annexe 6 Moyennes des moyennes annuelles ( <i>Mma</i> ) et fréquence de dépassement en % ( <i>Freq</i> ) pour la masse d'eau Sud Caraïbes – FRJ206.....	97



# 1. Introduction

La directive cadre européenne sur l'eau (Directive 2000/60/CE ou 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) et le BRGM financent un programme de surveillance de la qualité des eaux souterraines de Martinique qui se traduit depuis 2008 par le suivi de 18 points au titre du contrôle de surveillance et du contrôle opérationnel, et de 2 points au titre du contrôle opérationnel. Ce suivi est basé sur 2 campagnes de prélèvements par an (en avril pour la saison sèche et en novembre pour la saison des pluies). Depuis décembre 2008, il est complété par un suivi mensuel sur 2 points de surveillance.

Les objectifs assignés aux masses d'eau constituent les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) et sont rédigés par le Comité de Bassin. Quant aux types d'actions clés à engager pour atteindre ces objectifs environnementaux, elles sont regroupées dans les programmes de mesures (PDM) préparés par le préfet coordonnateur de bassin et ont été approuvées fin 2009 pour la période 2009-2015.

La DCE établissant des cycles de travail de 6 ans, les SDAGE sont également révisés à ce pas temporel. 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 qui a été achevé en 2004 et a été mis à jour en 2013.

Selon l'article R212-3 du code de l'environnement, l'état des lieux comprend trois volets :

- Une analyse des caractéristiques du bassin ou du groupement de bassins qui inclue notamment la présentation des masses d'eau du bassin et l'évaluation de leur état ;
- Une analyse des impacts des activités humaines sur l'état des eaux comportant une évaluation des pressions et du risque de non atteinte des objectifs environnementaux à l'horizon 2015 ;
- Une analyse économique de l'utilisation de l'eau présentant les activités utilisatrices de l'eau, les prix moyens et modalités de tarification des services collectifs de distribution d'eau et d'irrigation ainsi qu'une évaluation du coût des utilisations de l'eau.

Le présent rapport s'intéresse à l'évaluation de l'état des masses d'eau qui prend appui sur les données issues du réseau piézométrique de Martinique ainsi que celles acquises dans le cadre du réseau de surveillance de l'état chimique des masses d'eau souterraine. Dans un premier temps, une présentation de ces données est réalisée. Puis, 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 et permet ainsi d'établir une carte générale de cet état. Enfin, dans une quatrième partie, une attention particulière est portée au suivi mensuel réalisé sur deux points de surveillance fortement contaminés par les 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, dans le cadre d'une convention de partenariat avec l'ONEMA et en tant qu'opérateur national, assure la gestion des points de surveillance dont il a la charge.

Au 31 décembre 2014, 29 stations sont suivies dans ce cadre par le BRGM sur le bassin Martinique. L'ensemble de ces points est déclaré sous ADES ([www.ades.eaufrance.fr](http://www.ades.eaufrance.fr) - banque de données sur les eaux souterraines) dans le méta-réseau de bassin **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**).

Ce réseau a ainsi pour fonction d'acquérir des données piézométriques et hydrométriques (lorsque les débits mesurés ont une représentativité hydrogéologique – ex : 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 la ressource.

En Martinique, seuls des niveaux piézométriques sont enregistrés.

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 entraînent dans le cadre du programme national de « réseaux piézométriques » sous conventions annuelles MEDDE - BRGM. Depuis 2008, des conventions partenariales annuelles lient l'ONEMA et le BRGM.

En 2003, les observations périodiques (manuelles) étaient bimestrielles. En 2003-2004, le réseau a été optimisé et complété par la mise en place de 9 nouveaux piézomètres.

En 2004, 10 sites sélectionnés ont été modernisés et équipés d'appareils de mesure (« Thalimèdes » et « Logosens » de OTT à télétransmission), 16 sites ont été nivelés et des travaux d'entretien ont été réalisés sur certains points du réseau.

En 2005, 8 forages ont été réalisés et 10 nouveaux points du réseau ont été équipés d'appareils de mesure (« Thalimèdes » et « Logosens » de OTT à télétransmission).

En 2006, 13 sites ont été équipés d'appareils de mesure, 14 nivelés et des travaux d'entretien ont été réalisés sur certains points du réseau. Fin 2006, le réseau piézométrique est constitué de 33 points suivis en continu, nivelés, protégés et entretenus.

En 2007, 4 sites sont abandonnés, du fait du caractère redondant de leur chronique piézométrique avec celles d'autres sites du réseau situés à proximité. Le réseau est alors constitué de 29 ouvrages, tous équipés de dispositifs de télétransmission des données.

Depuis 2012, l'ensemble du matériel de *OTT*, est progressivement remplacé à mesure que les anciens appareils arrivent en fin de vie. Le nouveau prestataire est *Hydroservice* et le matériel installé est à télétransmission de type « Dipper ».

Fin 2014, seul le site de Marin – Grand Fond possède encore du matériel *OTT*.

Une carte recensant les stations du réseau unitaire est présentée en Illustration 1.

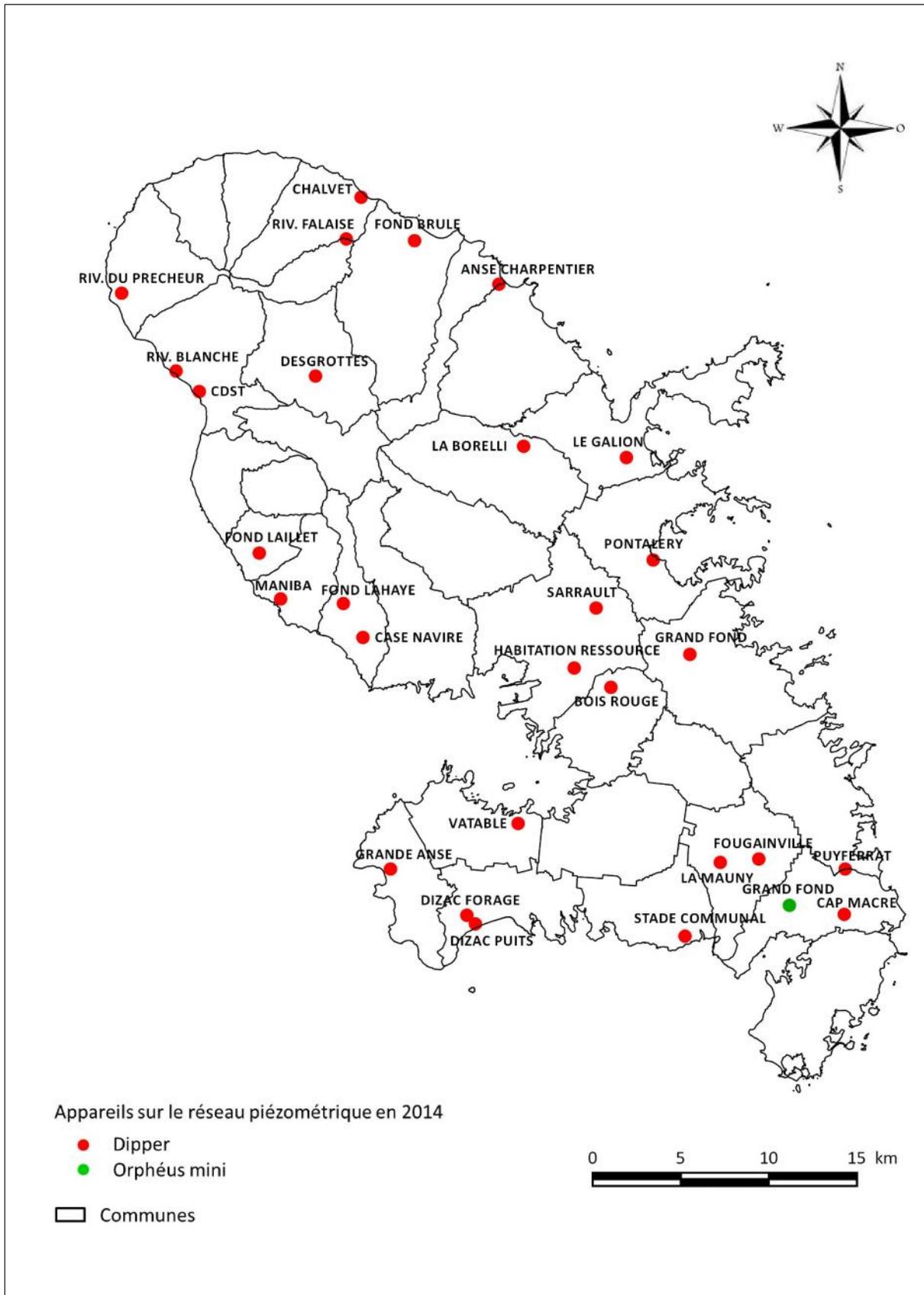


Illustration 1 : Carte de répartition des stations du réseau piézométrique de Martinique (décembre 2014)

### 2.1.2. Synthèse 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 (<http://www.ades.eaufrance.fr>). Ces données correspondent à des chroniques compilant les côtes piézométriques journalières mesurées sur les stations du réseau.

L'exercice 2013 montre un taux d'acquisition global des données d'environ 92%. Comme le souligne l'illustration 2, ce taux d'acquisition est en amélioration depuis 2007, grâce à une meilleure connaissance du matériel, son renouvellement ainsi qu'aux retours d'expérience de ces dernières années.

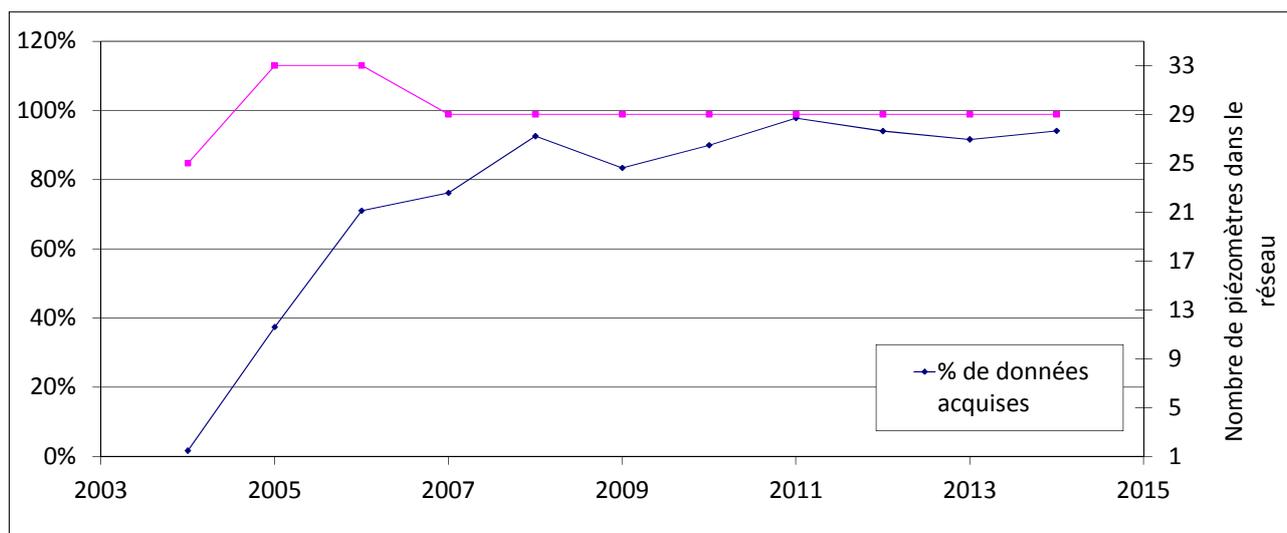


Illustration 2 : Taux d'acquisition des mesures et nombre de points du réseau

L'illustration 3 présente les 29 stations composant le réseau de surveillance des eaux souterraines de Martinique, leur identifiant national (code BSS) ainsi que le nombre de données disponibles sur la période 2004-2014.

Cet intervalle de temps a été défini arbitrairement suite à un souci de représentativité temporelle. En effet, les dates de début d'acquisition sur les points d'eau du réseau sont très variables (1976 à 2008). Par ailleurs, les premières données recensées sont relativement sporadiques (fréquences de mesures irrégulières). Ainsi, en sachant également que les chroniques doivent être de longue durée pour pouvoir apprécier l'état quantitatif d'une nappe d'eau et notamment les tendances d'évolution, les données ont été prises en compte à partir de l'année 2004.

NOM DU POINT D'EAU	CODE BSS	NOMBRE DE MESURES
Chalvet	1166ZZ0026/NF8	3077
Rivière Blanche	1167ZZ0023/RBS1	3431
Rivière du Prêcheur	1167ZZ0024/PRS1	2551
CDST	1167ZZ0045/NF6	2947
Desgrottes	1168ZZ0037/F1	3540
Rivière Falaise	1168ZZ0054/PZ	3460
Anse Charpentier	1169ZZ0006/F	2925
Fond Brûlé	1169ZZ0084/NF7	2808
Fond Laillet	1173ZZ0082/NF5	2918
La Borelli	1174ZZ0088/PZ	3197
Le Galion	1175ZZ0154/NF4	3211
Case Navire	1177ZZ0165/CNF2	3453
Maniba	1177ZZ0173/PZ	3397
Fond Lahaye	1177ZZ0177/PZ2	2343
Habitation Ressource	1179ZZ0039/P.6	3418
Bois Rouge	1179ZZ0157/CR-S2	3306
Sarrault	1179ZZ0158/PR-S1	2813
Grand Fond	1179ZZ0299/NF2	3218
Pontaléry	1179ZZ0300/NF3	3223
Grande Anse	1181ZZ0131/PZ	2924
Vatable	1181ZZ0132/PZ	2828
La Mauny	1183ZZ0024/S2	2985
Puyferrat	1183ZZ0026/S1	2620
Fougainville	1183ZZ0052/PZ	2951
Forage Dizac	1184ZZ0001/S1	3156
Puits Habitation Dizac	1184ZZ0028/N-3	2784
Stade communal	1185ZZ0120/PZ	2953
Grand Fond	1186ZZ0118/SMA4	2563
Cap macré	1186ZZ0119/CMF1	2556

Illustration 3 : Stations constituant le réseau unitaire RDESOUPMAR du BRGM Martinique

Le réseau piézométrique a été modifié en fin d'année 2014. Le forage 1169ZZ0006/F du Marigot – Anse Charpentier arrivé en fin de vie s'est effondré ; il a donc été rebouché et remplacé par un nouvel ouvrage le 1169ZZ0184/F2 Marigot – Anse Charpentier 2 implanté à une centaine de mètres de l'ancien.

## 2.2. RECENSEMENT DES DONNÉES « QUALITÉ »

### 2.2.1. Fonctionnement des réseaux de contrôle

La mise en place des réseaux de surveillance devait se faire avant le 22 décembre 2006. En Martinique, la DIREN 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 ainsi 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 ainsi 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. l'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 de sites contaminés étant 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 2 autres points définis en 2007, le réseau de contrôle opérationnel 2008, qui devra être maintenu jusqu'au retour au bon état chimique pour les masses d'eau concernées.

L'illustration 4 et l'illustration 5 précisent les caractéristiques géographiques et typologiques des 20 stations des réseaux de contrôle de surveillance et de contrôle opérationnel des eaux souterraines de Martinique, suivies durant l'année 2014.

Masse d'eau	Code européen (DCE)	Indice BSS	Commune	Lieu dit	Typologie	Réseau	Méthode de prélèvement
Nord	FRJG201	1166ZZ0026/NF8	Basse Pointe	Chalvet	Piézomètre BRGM	Cs + Co	pompe
		1166ZZ0032/S	Basse Pointe	Source Socco Gradis 2	Source	Cs + Co	Source
		1166ZZ0023/S	Macouba	Source Nord Plage	Source	Cs + Co	Source
		1168ZZ0054/PZ	Basse Pointe	Rivière Falaise	Piézomètre BRGM	Co	pompe
Nord Atlantique	FRJG202	1169ZZ0006/F	Marigot	Anse Charpentier	Piézomètre BRGM	Cs + Co	pompe
		1169ZZ0084/NF7	Lorrain	Fond Brulé	Piézomètre BRGM	Cs + Co	pompe
		1174ZZ0088/PZ	Gros Morne	La Borelli	Piézomètre BRGM	Cs + Co	pompe
		1175ZZ0153/S	Trinité	Morne Figue	Source	Cs + Co	Source
Nord Caraïbes	FRJG203	1167ZZ0045/NF6	St Pierre	CDST	Piézomètre BRGM	Cs + Co	pompe
		1177ZZ0177/PZ2	Schoelcher	Fond Lahaye	Piézomètre BRGM	Cs + Co	pompe
		1167ZZ0024/PRS1	Prêcheur	Rivière du Prêcheur	Piézomètre BRGM	Cs + Co	bailer
		1172ZZ0063/SD6	Carbet	Fond Canal	Forage SCCCNO	Cs + Co	pompe
Centre	FRJG204	1175ZZ0106/F	Robert	Vert Pré	Forage industriel	Co	bailer
		1179ZZ0070/2F02	Lamentin	Habitation Ressource	Forage CACEM	Cs + Co	pompe
		1182ZZ0160/F2	Rivière salée	Nouvelle citée	Forage DDAF	Cs + Co	pompe
Sud Atlantique	FRJG205	1186ZZ0118/SMA4	Marin	Grand Fond	Forage agricole	Cs + Co	pompe
		1179ZZ0228/S11	François	Habitation Victoire	Forage agricole	Cs + Co	pompe
Sud Caraïbes	FRJG206	1183ZZ0052/PZ	Rivière Pilote	Fougainville	Piézomètre BRGM	Cs + Co	pompe
		1181ZZ0132/PZ	Trois Ilets	Vatable	Piézomètre BRGM	Cs + Co	bailer
		1184ZZ0001/S1	Diamant	Habitation Dizac	Piézomètre BRGM	Cs + Co	pompe

Illustration 4 : Liste des points de surveillance du réseau DCE en 2014 (Cs = contrôle de surveillance, Co = contrôle opérationnel)

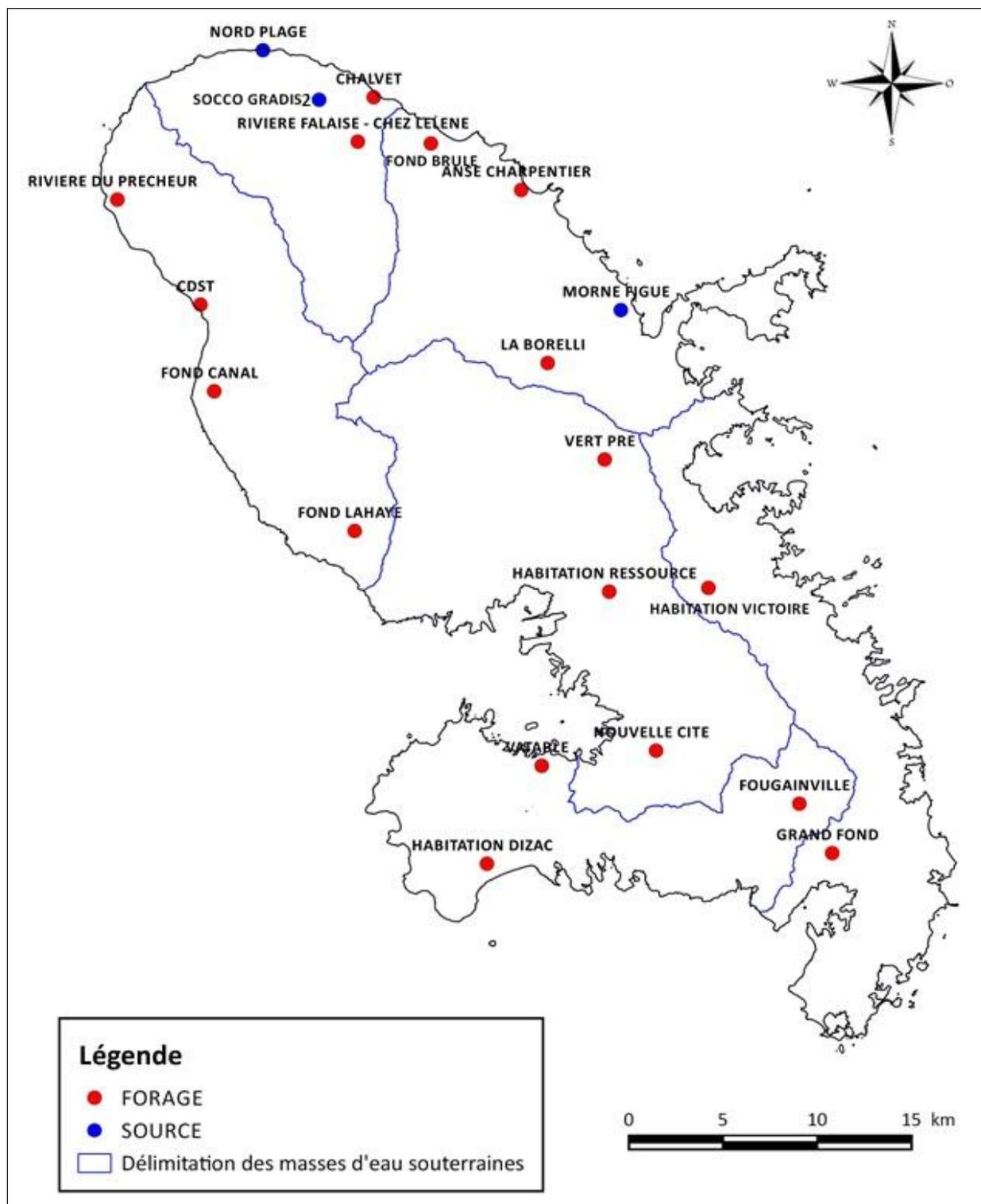


Illustration 5 : Situation géographique des ouvrages du réseau DCE en 2013

### **Surveillance semestrielle**

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

- Une première qui s'effectue 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 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 [www.aquaref.fr](http://www.aquaref.fr). Ce guide s'appuie notamment sur les exigences des documents normatifs suivants :

- La norme 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 FD T 90-523-3 « Qualité de l'Eau – Guide de prélèvement pour le suivi de qualité des eaux dans l'environnement – 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 paramètres analysés sont regroupés dans le tableau de l'illustration 6 et présentés de façon exhaustive en annexe des rapports saisonniers.

Toutes les analyses sont effectuées par la Direction des Laboratoires (LAB) du BRGM à Orléans, selon les normes NF EN ISO/CEI 17025 et le document COFRAC LAB REF 02, référence des laboratoires et de l'ISO 9001-2000.

Le BRGM est, par ailleurs, agréé par le Ministère de l'Ecologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, pour certaines analyses d'eaux (la liste des agréments est disponible sur le site [www.labeau.fr](http://www.labeau.fr)). Depuis 2009, les analyses du glyphosate et de l'AMPA sont sous-traitées au Laboratoire Départemental de la Sarthe.

Famille de paramètres	Paramètres
Physico-chimie in situ	Température, Conductivité, pH, Potentiel d'oxydo-réduction (Eh), Oxygène dissous
Éléments majeurs	Hydrogène carbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), Carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Sodium ( $\text{Na}^+$ ), Potassium ( $\text{K}^+$ )
Matières organiques oxydables	Oxydabilité au $\text{KMnO}_4$ à chaud en milieu acide, Carbone Organique Dissous (COD)
Matières en suspension	Fer total et Manganèse total
Minéralisation et salinité	Dureté totale, Silicates ( $\text{SiO}_2$ )
Composés azotés	Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )
Micropolluants minéraux	Arsenic (As), Bore (B), Aluminium (Al), Lithium (Li), Cuivre (Cu), Zinc (Zn), Fer (Fe), Manganèse (Mn)
Polluants organiques	142 molécules (pesticides organophosphorés, pesticides organochlorés, PCB, phenoxyacides)

Illustration 6 : Paramètres analysés dans le cadre de la surveillance semestrielle 2014

### Surveillance mensuelle

En décembre 2008, en concertation et collaboration avec l'ODE, il a été décidé de compléter la surveillance par un suivi mensuel sur 2 stations du réseau. Ce suivi a débuté sur la source de Morne Figue à Trinité et le piézomètre de Chalvet à Basse Pointe. 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 - Chez Lélène 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 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 est proposée au chapitre 5.

#### **2.2.2. Mise à disposition des données**

Les résultats d'analyse acquis dans le cadre des réseaux DCE sont bancarisés sur ADES.

Comme stipulé dans le guide d'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraine et d'établissement des valeurs seuils (Annexe III de la circulaire relative à l'application de l'arrêté du 17 décembre 2008 - septembre 2012), pour l'évaluation de l'état des masses d'eau souterraines, les États membres doivent tenir compte :

- « des informations recueillies dans le cadre de la caractérisation effectuée en vertu de l'article 5 » et de l'annexe II de la DCE (i.e. caractérisation initiale, caractérisation détaillée et révision de l'incidence) ;

- « des résultats obtenus par le réseau de surveillance des eaux souterraines conformément à l'annexe V, point 2.4 » de la DCE (i.e. réseau de contrôle de surveillance RCS et de contrôle opérationnel RCO) ;
- « de toute autre information pertinente, y compris une comparaison de la moyenne arithmétique annuelle de la concentration des polluants concernés à un point de surveillance avec les normes de qualité des eaux souterraines [...] et les valeurs seuils fixées par les États membres ».

Ainsi, dans la mesure du possible, les données à considérer lors de l'enquête appropriée sont d'une part celles fournies par le RSC et le RCO, et d'autre part toutes les autres données de surveillance disponibles sur la masse d'eau. Concernant les masses d'eau souterraine de Martinique, les différents réseaux de mesures existants sont :

- Le réseau départemental de suivi qualitatif des eaux souterraines de Martinique – RDESOUQMAR – 0800000018 ;
- Le Métaréseau de suivi de la directive Nitrates pour les eaux souterraines du bassin Martinique – RBESOUNO3MAR – 0800000034 ;
- Le réseau qualitatif des eaux souterraines pour le suivi des installations classées de la Martinique – RRICQMAR – 0800000036 ;
- Le réseau de mesure de la campagne exceptionnelle d'analyse dans les eaux souterraines du bassin Martinique – RBESOUARCAMPEX – 0800000037 ;
- Le contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Martinique – FRJSOS – 0800000016 ;
- Le contrôle opérationnel de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Martinique – FRJSOSO – 0800000017.

## 3. Les procédures d'évaluation de l'état des masses d'eau souterraine

### 3.1. ÉVALUATION DE L'ÉTAT QUANTITATIF

#### 3.1.1. 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 le bon état quantitatif sont :

- D'assurer un équilibre sur le long terme entre les volumes 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.

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 2013, 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 chimique, 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.

#### 3.1.2. Procédure générale : description des tests de classification pour l'évaluation de l'état quantitatif

L'évaluation du bon état quantitatif 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 7, 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 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 classée et état quantitatif médiocre.

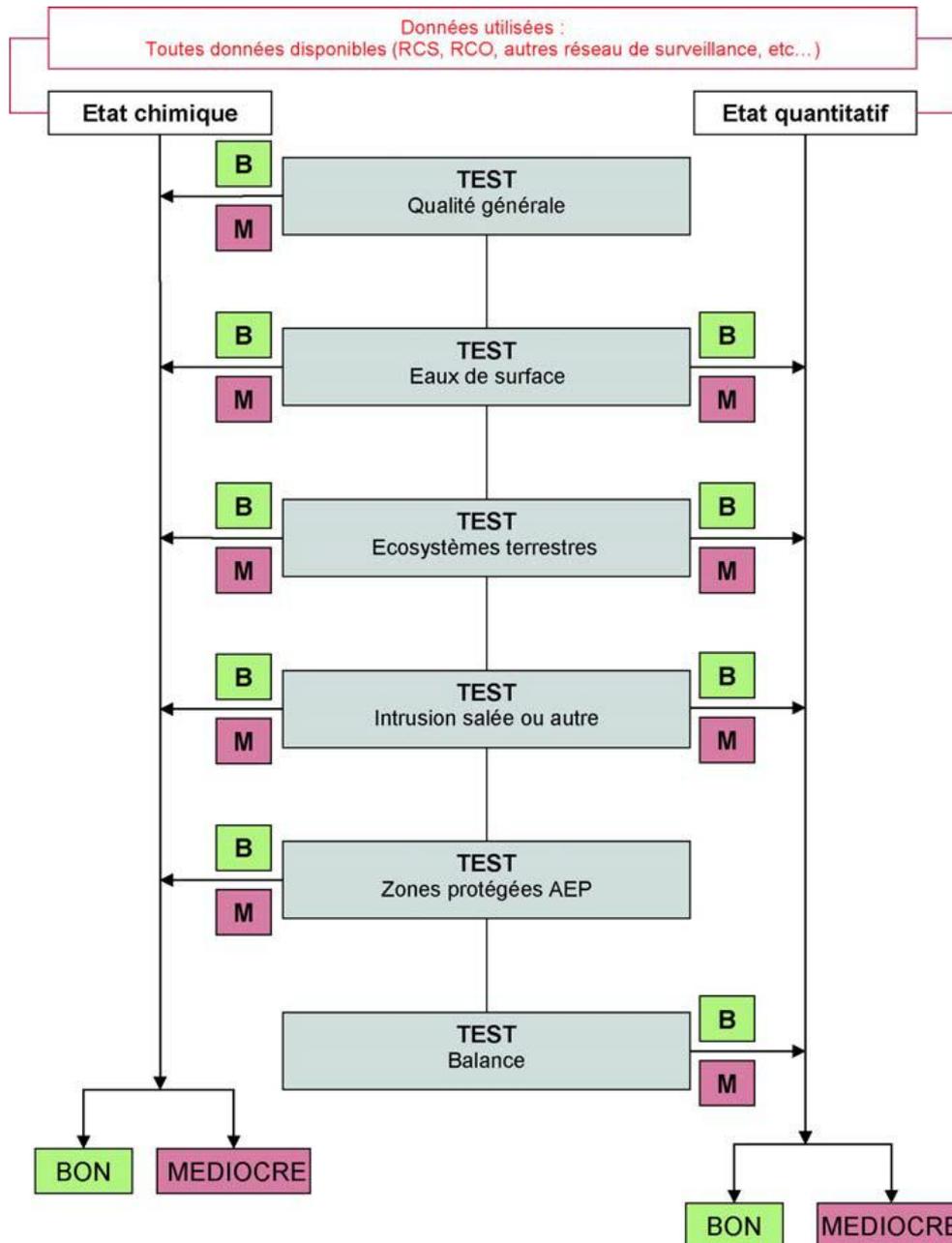


Illustration 7 : Tests de classification pour l'évaluation de l'état quantitatif et qualitatif et l'application de l'enquête appropriée au titre de l'évaluation de l'état chimique

Comme le suggère l'illustration 7, les tests « Eaux de surface », « Ecosystèmes terrestres » et « Intrusion salée ou autre », concernent également l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau. Pour les deux premiers tests les objectifs sont de faire en sorte que les prélèvements dans

la nappe ne soient pas responsables d'un mauvais état chimique 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).

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

Ce test a pour finalité d'évaluer l'équilibre entre la ressource disponible et les prélèvements ; il s'effectue à l'échelle globale de la masse d'eau. Il comprend une condition initiale suivie de 4 étapes de calcul ou d'estimation à réaliser ainsi qu'une condition finale ; l'ensemble permet la caractérisation de l'état de la masse d'eau pour ce test.

La condition initiale consiste à estimer la tendance d'évolution sur le long terme des niveaux issus de la surveillance quantitative de la masse d'eau. Si cette tendance est à la baisse, les étapes suivantes du test sont à réaliser. Dans le cas contraire, la masse d'eau est considérée en bon état pour ce test de balance prélèvement – ressource.

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 minimum biologiques et l'état des écosystèmes terrestre 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 :

$$\text{Ratio(MESO)} = \frac{\text{Volume annuel prélevé}}{\text{Recharge estimée}}$$

Si ratio < 1 -> MESO en bon état pour ce test

Si ratio > 1 -> MESO en mauvais état pour ce test

**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 mauvais état chimique et/ou biologique.

Les relations nappes-rivières sont ensuite établies.

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 mauvais état pour ce test ; sinon, elle est en bon état pour ce test.

Actuellement, les connaissances sur les relations nappes-rivières en Martinique sont insuffisantes pour répondre de manière pertinente à ce test. Ainsi, le dire d'expert semble donc inévitable 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-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 mauvais état 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.

**3.1.3. Période de référence**

Les chroniques piézométriques peuvent couvrir des périodes très variables. Dans la mesure du possible, des chroniques supérieures à 10 ans sont attendues. En Martinique, la majeure partie d'entre elles sont d'une durée de 9 ans.

**3.2. ÉVALUATION DE L'ÉTAT QUALITATIF**

**3.2.1. Définition du « bon état chimique »**

Les critères du bon état chimique des eaux souterraines sont développés dans la Directive 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 (Illustration 8) ; 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 ; ou que
- 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. »

Éléments	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 8 : Définition du bon état chimique des masses d'eau souterraines – Extrait de la Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE, annexe V.2.3.2*

### 3.2.2. Procédure générale

La procédure générale d'évaluation visant à déterminer l'état chimique d'une masse d'eau ou d'un groupe de masses 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 9. 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 de la masse d'eau doit réellement être considéré comme médiocre.

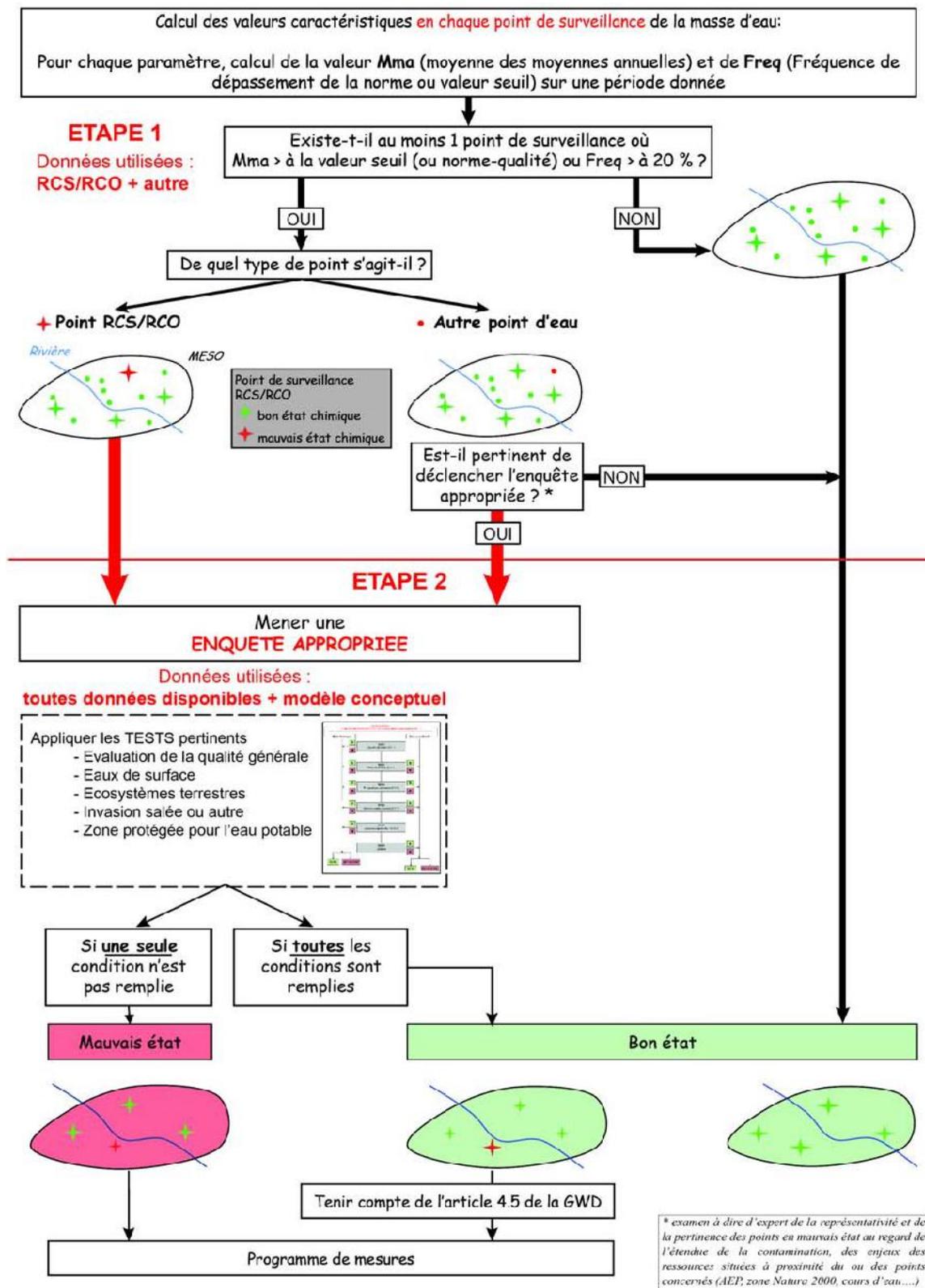


Illustration 9 : Procédure générale pour l'évaluation du bon état chimique d'une masse d'eau souterraine

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 mauvais état chimique.

Si tous les points d'eau de la masse 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 mauvais état doit être identifié. Si au moins un point d'eau en mauvais état appartient au réseau RCS ou RCO, « l'enquête appropriée » doit être menée.

En revanche, si le ou les points d'eau n'appartiennent pas au réseau RCS ou RCO, il est nécessaire de s'interroger sur la pertinence de ce mauvais état, 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 ».

*« L'enquête appropriée » s'applique à toute la masse d'eau. 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 est en état médiocre alors l'ensemble de la masse d'eau est classé en état chimique médiocre.

**a) Test : qualité générale**

Ce test a pour but d'évaluer les risques environnementaux pour la masse d'eau dans son ensemble. Il s'effectue en deux temps et s'applique individuellement à chaque paramètre (Illustration 10) :

- **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** : Classifier 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.

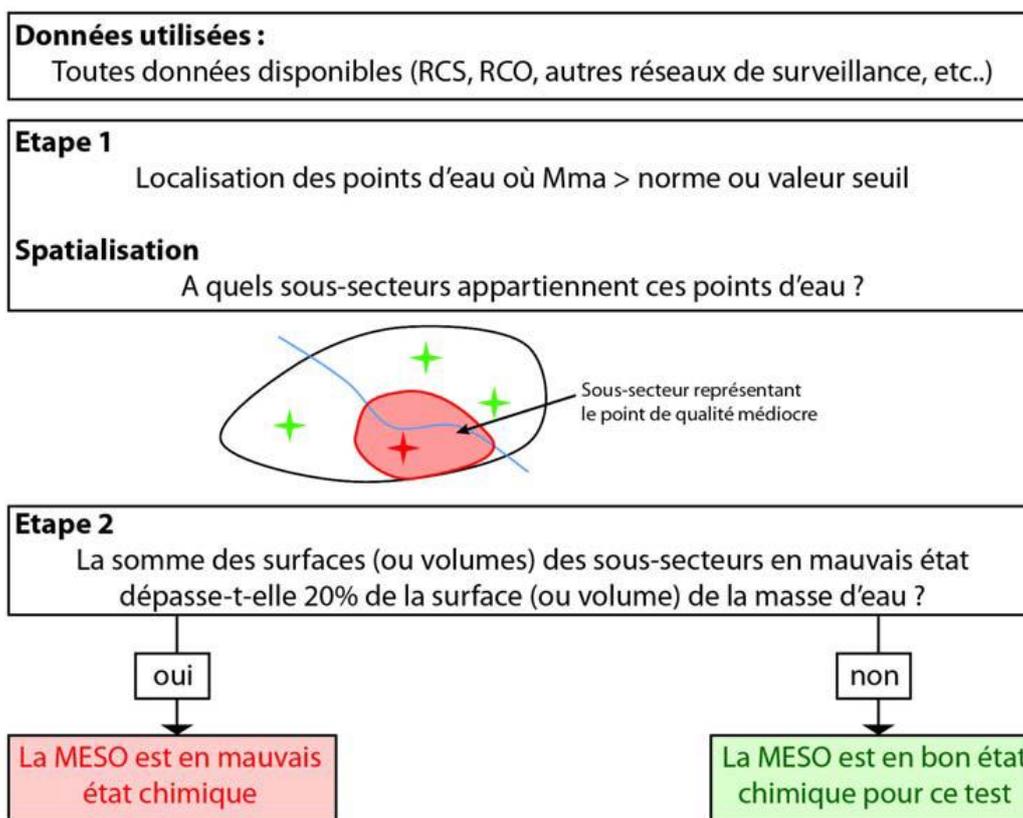


Illustration 10 : Test qualité général permettant d'évaluer la proportion de la masse d'eau en bon état

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.

**b) 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.

**c) 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.

**d) 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 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 masses 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.

**e) 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 10m<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 tels 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 10m<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 mauvais état chimique.

### 3.2.3. 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 masse 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 du niveau 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 menées 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 sont concernés pour l'attribution de nouvelles valeurs seuils.

### 3.2.4. Limite de quantification

Pour les micropolluants dont les résultats 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.

### 3.2.5. Niveau de confiance de l'évaluation

*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 2007-2010, la qualité individuelle des données et la fréquence d'échantillonnage influenceront alors le niveau de confiance attribué au calcul de 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 (Illustration 11) 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.

Physico-chimie <i>in situ</i>	Température
	Conductivité
	pH
	Potentiel d'oxydo-réduction (Eh)
	Oxygène dissous
<b>Eléments majeurs</b>	Hydrogène carbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
	Carbonates (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )
	Chlorures (Cl <sup>-</sup> )
	Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )
	Calcium (Ca <sup>2+</sup> )
	Magnésium (Mg <sup>2+</sup> )
	Sodium (Na <sup>+</sup> )
	Potassium (K <sup>+</sup> )
<b>Matières organiques oxydables</b>	Oxycabilité au KMnO <sub>4</sub> à chaud en milieu acide
	Carbone organique dissous (COD)
<b>Matières en suspension</b>	Turbidité
	Fer total
	Manganèse total
<b>Minéralisation et salinité</b>	Dureté totale
	Silicates (SiO <sub>2</sub> )
<b>Composés azotés</b>	Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
	Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )
<b>Micropolluants organiques</b>	- Famille des triazines (+ métabolites) - Famille des urées substituées - Substances identifiées au niveau régional

Illustration 11 : Tableau des paramètres à analyser avec une fréquence de 1 à 2 fois par an (arrêté du 25 janvier 2010 sur la surveillance de l'état des eaux)

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 2007-2010. Ainsi, si une seule mesure venait à manquer au cours d'une seule année pendant la période 2007-2010, le niveau de confiance serait faible. Sachant que le réseau RCO a été mis en place en 2008, le niveau de confiance de ses points d'eau est par conséquent faible puisqu'aucune donnée n'est disponible pour l'année 2007.

## 4. Evaluation de l'état des masses d'eau souterraine de la Martinique

### 4.1. ÉVALUATION DU BON ÉTAT QUANTITATIF

#### 4.1.1. Présentation des résultats

L'évaluation du bon état quantitatif des masses d'eau souterraine prend appui sur les données issues du réseau de surveillance référencé FRJSOP – 0800000015 sous ADES. Sur ces graphiques, des grandes tendances ont été tracées afin de décrire l'évolution générale des niveaux d'eau (augmentation – diminution).

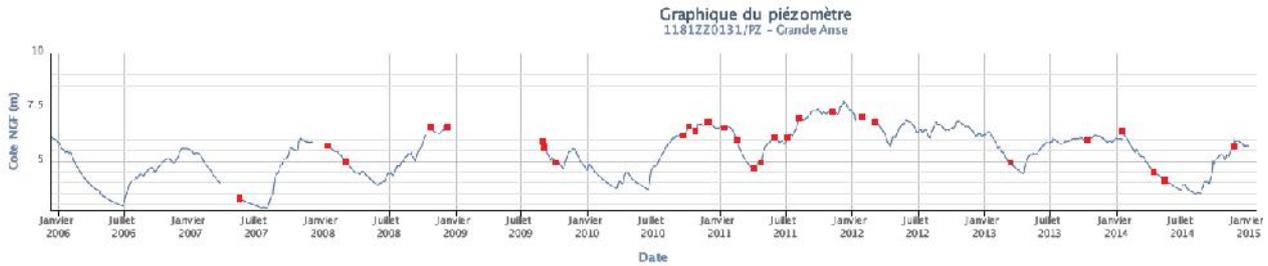
En Martinique, quatre types de fluctuations piézométriques sont mises en évidence (Illustration 12) :

- Pluriannuelles, avec un cycle de recharge et de décharge de l'aquifère qui s'effectue sur plusieurs années, caractéristiques d'un aquifère à fonction capacitive (à forte inertie), peu transmissif, d'une nappe profonde et généralement éloigné des exutoires ;
- 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 pluviométriques, composées de remontées piézométriques brutales et éphémères, dictées par la pluviométrie des jours précédents et du secteur ; elles possèdent une très faible inertie, sont très transmissives, et ont une nappe de surface proche des exutoires.

#### *Fluctuations pluriannuelles*



#### *Fluctuations saisonnières*



*Fluctuations pluriannuelles et saisonnières*



*Fluctuations saisonnières et pluviométrique*



*Illustration 12 : Types de fluctuations piézométriques rencontrées en Martinique*

Comme détaillé en partie 3.1.2, l'évaluation du bon état quantitatif repose également sur d'autres données qui sont essentielles pour la réalisation des tests de classification décrit dans le guide européen. 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 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.

Cependant, la collecte et l'interprétation de certaines de ces données peut s'avérer ardue, puisque celles-ci sont : soit non disponibles, soit non exhaustives.

**4.1.2. Évaluation de l'état quantitatif des masses d'eau souterraines dans le cadre de la révision de l'état des lieux 2014**

La DCE ne précisant pas si l'évaluation de l'état quantitatif doit s'appliquer à toutes les masses d'eau ou uniquement à celles identifiées en 2005 comme risquant de ne pas atteindre le bon état en 2015, dans le cadre de la mise à jour de l'état des lieux 2014, l'évaluation de l'état est réalisée pour l'ensemble des masses d'eau.

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

D'un point de vue des prélèvements, seules les masses d'eau Nord Atlantique et Nord Caraïbes sont exploitées par forages pour l'alimentation en eau potable avec respectivement 3 ouvrages et 1 captage. Toutefois, ces forages ne sont mis en service qu'en période de sécheresse pour venir en soutien des eaux superficielles qui constitue la principale ressource. Les débits de prélèvements sont de 1200m<sup>3</sup>/j pour le forage de Pécoul implanté sur la masse d'eau Nord Caraïbes, et inférieurs à 450 m<sup>3</sup>/j pour les trois autres ouvrages. Ces prélèvements peuvent être considérés comme négligeables au regard de la recharge annuelle des nappes. Ainsi, l'ensemble des masses d'eau peut être considéré en bon état pour le test « balance prélèvements/ressource ».

**b) Test : eau de surface**

A l'heure actuelle, 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 eaux sont inexistant dans le secteur, ils ne peuvent être la cause de la non atteinte du bon état des masses d'eau de surface.

**a) Test : écosystèmes terrestres**

Les relations nappes-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.

**c) Test : intrusion salée ou autre (commun avec l'état chimique)**

Il n'a pas été identifié de zones dans lesquelles des pompages exerceraient une pression telle qu'ils entraîneraient une intrusion salée ou autre.

Ainsi, du point de vue quantitatif, sur la base des données existantes et exploitées dans le cadre de l'état des lieux 2013, l'ensemble des masses d'eau de Martinique (FRJG201, FRJG202, FRJG203, FRJG204, FRJG205) 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 relations nappes-rivières et l'impact de l'état quantitatif des masses d'eau sur les écosystèmes.

## **4.2. ÉVALUATION DU BON ÉTAT QUALITATIF (ÉTAPE 1)**

La température est un paramètre déclassant pour toutes les masses d'eau. 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 26°C, la valeur seuil nationale ne peut être appliquée.

Parmi les paramètres devant être étudiés selon l'arrêté du 25 janvier 2010 (Illustration 11), tous sont suivis avec la fréquence nécessaire excepté le potentiel d'oxydoréduction et la turbidité.

#### 4.2.1. Masse d'eau Nord – FRJG201

La masse d'eau Nord est suivie par deux sources et deux forages ; la qualité des données disponibles pour ces points est essentielle pour juger des résultats.

D'un point de vue des dépassements des valeurs seuil DCE ou des normes AEP, l'Annexe 1 rassemble les points et les substances dont la *Mma* dépasse la réglementation ainsi que leurs fréquences de dépassement.

##### a) Molécules inorganiques

Aucun dépassement de *mma* ou fréquence n'est constaté pour les paramètres inorganiques. Cependant, il est important de préciser un dépassement de la valeur seuil des nitrates pour les deux forages de Basses Pointe en saison des pluies 2008 avec des teneurs à 53,3 mg/L et à 56,5 mg/L respectivement mesurées à Chalvet et Chez Lélène et dépassant ainsi le seuil DCE fixé à 50 mg/L. De même, en 2010, 2011 et saison sèche 2012, des concentrations excessives en nitrates ont été mesurées sur le forage de Chalvet allant jusqu'à 59,8 mg/L mais ne sont plus constatées depuis. Ces fortes concentrations sont révélatrices d'une contamination d'origine anthropique.

##### b) Produits phytosanitaires

Sur les 4 stations du réseau appartenant à la masse d'eau Nord, toutes affichent des concentrations en produits phytosanitaires non conformes aux exigences de la DCE en termes de valeurs seuils. Rappelons que la DCE exige une concentration inférieure à 0,1 µg/L pour l'ensemble des substances actives et la restreint à 0,03 µg/L pour trois molécules qui sont : la dieldrine, l'adrine et l'heptachlore. Pour la masse d'eau Nord, les molécules affichant des *Mma* qui dépassent ces exigences sont, par ordre décroissant, la chlordécone pour toutes les stations, le bromacil pour 4, le beta HCH, la chlordécone 5b-hydro pour 3 points, la dieldrine pour 2 et enfin le métalaxyl, le propiconazole pour 1 station.

Les concentrations importantes en chlordécone proviennent des pratiques agricoles anciennes et sont en lien avec l'occupation des sols. En effet, dans ce secteur, les bananeraies sont très présentes. Dans les années 80 et jusqu'en 1993, cet insecticide organochloré a été couramment utilisé pour lutter contre le charançon du bananier. Compte tenu de la persistance de cette molécule dans les sols pendant des dizaines d'années et de la percolation vers les nappes d'eau souterraines, les teneurs mesurées dépassent toujours, plus de 20 ans après son interdiction, l'exigence DCE.

La chlordécone n'a pas été l'unique recours dans la lutte contre ce parasite, d'autres insecticides et nématicides de la famille des organochlorés ont également été utilisés. Parmi eux, les produits phytosanitaires intégrant notamment le beta HCH ou la dieldrine comme substances actives. Bien qu'interdit depuis le milieu des années 90, en raison de leur toxicité et de leur rémanence, ces substances se retrouvent encore dans les eaux souterraines.

##### c) Conclusion

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

#### 4.2.2. Masse d'eau Nord Atlantique – FRJG202

La masse d'eau Nord Atlantique est contrôlée via 3 forages et 1 source ; tous font partie à la fois du réseau de contrôle de surveillance (RCS) et du réseau de contrôle opérationnel (RCO).

Les *Mma* et des *Freq* calculées des paramètres pour la masse d'eau Nord Atlantique sont présentées en Annexe 2.

##### a) Molécules inorganiques

Plusieurs éléments majeurs ont été retrouvés à des concentrations supérieures à leurs valeurs seuils respectives. La station du Marigot est la principale concernée avec 3 paramètres présentant des *Mma* supérieures à la réglementation : l'arsenic avec une *Mma* à 22,94 µg/L pour une valeur seuil établie à 10 µg/L, le fer avec une *Mma* avoisinant le 0,9 mg/L pour une norme à 0,2 mg/L et enfin le manganèse également très supérieur : 129,01 µg/L sachant que la valeur seuil est fixée à 50 µg/L.

Le forage de Gros Morne affiche lui aussi un paramètre déclassant, le manganèse, avec une *Mma* de 270.07 µg/L.

Ces concentrations excessives ne sont pas liées à des pollutions anthropiques mais s'expliquent par le fond géochimique naturel des eaux. Une étude de fond géochimique des eaux souterraine a été menée en 2013 et a permis de délimiter des zones de risque de fond géochimique élevé locales ou étendue à tout le territoire pour plusieurs éléments chimiques, en particulier l'arsenic, le fer et le manganèse. 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. Ces nouvelles valeurs seuils, qui n'ont cependant pas de valeur réglementaire aujourd'hui, sont récapitulées dans l'illustration 13. Comme précisé dans ce tableau, à chaque valeur seuil proposée est associée une zone d'emprise.

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 13 : Tableau récapitulatif des nouvelles valeurs seuils proposées pour la Martinique

Ainsi, comme le souligne l'illustration 13, il existe un risque de fond géochimique élevé en arsenic et en fer au droit du forage de Marigot - Anse Charpentier expliquant ainsi les fortes teneurs rencontrés en ces éléments. Par ailleurs, un risque de fond géochimique élevé en manganèse a été mis en évidence pour toutes les masses d'eau.

Une attention particulière doit également être portée aux nitrates car l'utilisation de ces macropolluants dans les pratiques agricoles a pendant longtemps été massive. À l'heure actuelle, aucun dépassement de la valeur seuil n'a été identifié sur les stations de la masse d'eau Nord Atlantique. Le piézomètre du Lorrain qui a connu des valeurs atteignant 48,6 mg/L connaît une baisse importante depuis et atteint sa valeur la plus basse à la saison sèche de cette année avec 19,5 mg/L.

### b) Produits phytosanitaires

Parmi les molécules phytosanitaires retrouvées dans les aquifères de la masse d'eau Nord Atlantique à des concentrations dépassant les exigences DCE, la chlordécone et le beta HCH sont en tête de liste. En effet, trois points présentent des teneurs excessives en chlordécone et deux en beta HCH. À noter que le forage du Lorrain affiche les concentrations les plus importantes en ces deux substances actives : 31,11 µg/L pour la chlordécone et 5,55 µg/L pour le beta HCH.

Deux autres molécules affichent des concentrations supérieures aux exigences DCE, la chlordécone 5B hydro et la chlordécol, deux métabolites de la chlordécone, sur le point du Lorrain.

### c) Conclusion

La masse d'eau Nord Atlantique présentent des dépassements de valeurs seuils pour 2 éléments majeurs (Manganèse et fer), 1 élément en trace toxique (As) et 4 substances actives de produit phytosanitaire (chlordécone, beta HCH, chlordécone 5B hydro, chlordécol), la mise en œuvre d'une enquête appropriée est donc inévitable pour cette masse d'eau.

#### **4.2.3. Masse d'eau Nord Caraïbe – FRJG203**

Les *Mma* et les *Freq* calculées pour la masse d'eau Nord Caraïbe sont présentées en Annexe 3. Seuls les points et les substances affichant un dépassement avec une fréquence supérieure à 20% sont répertoriés.

##### **a) Molécules inorganiques**

Deux molécules inorganiques présentent des *Mma* supérieures à leur valeur seuil respective : le fer sur le point de Carbet - Fond Canal avec une *Mma* de 7,09 mg/L (valeur seuil est à 0,2 mg/L) et le manganèse sur le forage de Fond Canal (800,94µg/L) et Schœlcher (184,45 µg/L pour une norme à 50 µg/L).

Comme il a été souligné pour la masse d'eau Nord Atlantique, un risque de fond géochimique élevé pour le fer et le manganèse a été mis en évidence sur toutes les masses d'eau du territoire, expliquant ainsi la forte teneur rencontrée sur le forage de Schœlcher. Néanmoins, les dépassements de Fe et Mn au droit de l'ouvrage du Carbet - Fond Canal sont probablement d'origine anthropique ; cet ancien forage AEP a en effet été abandonné en raison d'une pollution aux hydrocarbures.

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

##### **Produits phytosanitaires**

Seul le forage 1177ZZ0161 présentait une substance active phytosanitaire dépassant les exigences DCE : l'AMPA, le principal produit de dégradation du glyphosate, avec une *Mma* de 0,13 µg/L, actuellement ce forage n'est plus suivi.

##### **b) Conclusion**

Sachant qu'une molécule phytosanitaire a été retrouvée sur le forage 1177ZZ0161 qui à l'époque faisait encore partie des réseaux de contrôle de la qualité des eaux souterraine de Martinique, une enquête appropriée doit être ouverte.

#### **4.2.4. Masse d'eau Centre – FRJG204**

Trois stations montrent des dépassements en relation à la qualité chimique des eaux souterraines de la masse d'eau Centre : le forage de Rivière Salée - Nouvelle Cité, celui de Lamentin - Habitation Ressource et enfin l'ouvrage de Robert - Vert Pré. Seul ce dernier fait uniquement parti du réseau de contrôle opérationnel, les deux autres appartiennent également au réseau de contrôle de surveillance.

Les *Mma* et les *Freq* pour les points et les paramètres présentant des dépassements sont reportées dans l'Annexe 4.

**a) Physico-chimie in situ**

D'un point de vue physico-chimique, le forage de Rivière Salée affiche un dépassement pour la conductivité électrique avec une fréquence de 100%. Sur les 8 campagnes de mesures réalisées à hauteur de 2 par année, la conductivité a toujours été mesurée au-delà de la valeur seuil nationale (1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). La conductivité de l'eau correspond à sa minéralisation ; ainsi plus l'eau est chargée en sels minéraux, plus la valeur de la conductivité est importante. L'étude de fond géochimique réalisée en 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 notamment en évidence une vaste zone à risque de fond géochimique élevé pour le sodium et les chlorures localisée dans le sud et sud caraïbes de la Martinique. L'étude des molécules inorganiques illustre ce constat.

**b) Molécules inorganiques**

Parmi les molécules inorganiques rencontrées à des concentrations supérieures aux valeurs seuils, le chlorure et le sodium touchent le forage de Rivière Salée - Nouvelle Cité localisé dans le sud de la masse d'eau Centre. Pour cette station, les fréquences de dépassement sont de 100% pour ces deux éléments chimiques. Ces fortes teneurs sont à l'origine de la conductivité électrique importante mesurée au droit du forage, comme évoqué ci-dessus.

Le manganèse et le fer affichent également des *Mma* dépassant les normes de potabilité nationales pour les 3 stations. Ces dépassements sont liés à un risque de fond géochimique élevé qui a été étendu à l'ensemble des masses d'eau suite à l'étude Arnaud et al. ; 2013.

Enfin, sur le forage de Robert - Vert Pré, l'ammonium dépasse la valeur seuil nationale avec une *Mma* de 0,63 mg/L pour une norme à 0,5 mg/L. Ce dépassement s'explique par des apports importants en ammonium d'origine anthropique ou naturelle qui, du fait de faibles concentrations en oxygène dissous, ne peuvent être transformées en nitrates.

Les concentrations en nitrates sont largement inférieures à la norme de qualité : 50 mg/L.

**c) Produits phytosanitaires**

La chlordécone est la seule substance active phytosanitaires retrouvée dans des concentrations dépassant les exigences DCE dans les aquifères de la masse d'eau Centre. Le forage Lamentin – Habitation ressource connaît une fréquence de dépassement de 50%.

**d) Conclusion**

En raison de la présence de substances actives de produits phytosanitaires et de dépassements des concentrations en  $\text{NH}_4$ , une enquête appropriée doit être menée sur la masse d'eau Centre afin de définir son état chimique général.

**4.2.5. Masse d'eau Sud Atlantique – FRJG205**

Les *Mma* et *Freq* sont regroupés dans l'Annexe 5 et ne concerne que les stations et les paramètres présentant un dépassement.

**a) Physico-chimie in situ**

Parmi les paramètres physico-chimiques, excepté la température qui est en dépassement pour l'ensemble des stations de la Martinique, seule la conductivité affiche une *Mma* nettement

supérieure à la valeur seuil nationale pour le point Marin - Grand Fond : 1537  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour une valeur seuil à 1540  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ceci provient de la forte minéralisation de l'eau au droit du forage, notamment en chlorure.

#### **b) Produits phytosanitaires**

Deux produits phytosanitaires montrent des *Mma* au-delà des exigences DCE : le glyphosate sur la station du Marin, la chlordécone sur le forage du François.

Il y eut en 2007 et 2008 des dépassements en glyphosate qui n'ont plus jamais été rencontrés, la fréquence de dépassement est inférieure à 20% et n'est pas prise en compte ici ; il est possible de relier ces teneurs à la méthode de prélèvement de l'époque.

#### **c) Conclusion**

Sachant que la chlordécone a une *Mma* (0,35  $\mu\text{g}/\text{L}$ ) supérieure aux exigences DCE, la masse d'eau Sud Atlantique doit faire l'objet d'une enquête appropriée.

### **4.2.6. Masse d'eau Sud Caraïbes – FRJG206**

D'un point de vue des dépassements des valeurs seuil ou des normes DCE, l'Annexe 6 rassemble les points et les substances dont la *Mma* dépasse la réglementation ainsi que leurs fréquences de dépassement (*Freq*).

#### **a) Physico-chimie *in situ***

L'étude de la physico-chimie *in situ* souligne un dépassement de la conductivité pour la station des Trois Ilets avec une *Mma* de 1935  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La fréquence de dépassement correspondante est de 100%. Il s'agit de la plus forte *Mma* pour le paramètre conductivité sur l'ensemble des stations du réseau. Dans l'étude de fond géochimique (Arnaud et al. : 2013) il est précisé que ces fortes valeurs sont liées au contexte géologique, laves épanchées en milieu marin, couplé à l'activité hydrothermale ancienne. Elle est à relier avec les fortes concentrations en chlorure et sodium rencontrées au droit du piézomètre.

#### **b) Molécules inorganiques**

Depuis 2007, le point des Trois Ilets enregistre des dépassements des valeurs seuils pour les éléments majeurs chlorures et sodium lors de chaque campagne de mesure. Les *Mma* calculées s'élèvent à 343,49 mg/L pour les chlorures et à 265,78 mg/L pour le sodium sachant que les valeurs seuils respectives sont 250mg/L et 200 mg/L. Ces concentrations sont dues à un fond géochimique élevé.

Par ailleurs, un dépassement des valeurs seuils est notifié sur la station du Diamant, pour le fer et le manganèse avec respectivement une *Mma* de 0,5 mg/L et de 86,1  $\mu\text{g}/\text{L}$ . Comme vu précédemment, des zones à risque de fond géochimique élevé en ces éléments ont été déterminées pour l'ensemble du territoire.

Les concentrations en nitrates sont quant à elles inférieures à la norme de qualité fixée au niveau européen qui est de 50 mg/L.

#### **c) Produits phytosanitaires**

Seul le piézomètre de Rivière Pilote montre une non-conformité DCE et ceci pour un seul paramètre : la chlordécone, avec un pic atteint en saison des pluies 2009 (10,9 µg/L).

#### **d) Conclusion**

La masse d'eau Sud Caraïbes est en dépassement pour 6 paramètres DCE. Toutefois, l'étude de fond géochimique a permis de mettre en évidence un fond géochimique élevé pour les paramètres conductivité, chlorure, sodium, fer et manganèse pour la masse d'eau étudiée. Les dépassements ne sont donc pas d'origine anthropique mais s'expliquent par le fond géochimique naturel des eaux.

Les concentrations excessives en chlorure et en fer sont responsables de la forte conductivité rencontrée au droit du forage des Trois Ilets.

Ainsi, en ne considérant que ces 5 paramètres, l'ouverture d'une enquête appropriée pourrait porter à questionnement. Toutefois, sachant qu'une substance active est non conforme aux exigences DCC, cette enquête est inévitable.

#### **4.2.7. Réalisation des enquêtes appropriées et niveau de confiance**

Comme précisé en conclusion des procédures générales d'évaluation de l'état chimique de chacune des 6 masses d'eau souterraine, une enquête appropriée doit être menée.

#### **Etape 2 : Test des 20% de la surface dégradée**

Pour chacune des masses d'eau, la surface dégradée (test des 20%) représentée par chaque point de surveillance est évaluée à partir des informations acquises lors de l'établissement des cartes de risques élaborées dans le cadre du SIESMAR (Vittecoq, 2007) et du « SIG Chlordécone » élaboré par le BRGM pour le compte de la DAAF (Desprats, 2010).

Le SIESMAR permet de préciser l'étendue supposée des eaux souterraines polluées par les intrants agricoles (dénommée surface dégradée par la DCE), sur la base de la sole agricole fournie par l'ASP (Agence de Services et de Paiement). L'illustration 14 fournit une représentation cartographique de ces zones à risques. Rapporté au bassin en entier, environ 20% du territoire est soumis à un risque de pollution anthropique moyen à fort.

De façon très nette, les masses d'eau Nord et Nord Atlantique sont concernées par plus de 20 % (> 30%) de superficies dégradées, tandis que les masses d'eau Nord Caraïbes et Sud Caraïbes, elles sont inférieures avec respectivement 13% et 6% de zone à risque de pollution moyen à fort.

Un doute persistait quant à la surface de dégradation des masses d'eau Centre (FRJG204) et Sud Atlantique (FRJG205) qui avoisinait les 20% de zones à risques moyens à forts en contamination des eaux souterraines par les intrants agricoles sans hiérarchisation. Il a donc été réalisé une étude complémentaire en novembre 2013 sur les deux masses d'eau avec l'ajout de plusieurs points d'analyse en dehors des zones à risque afin de clarifier l'étendue des surfaces dégradées.

La surface supposée dégradée de la masse d'eau Centre initialement évaluée à 19% de la superficie totale a été revue à la hausse après prise en compte du SIG chlordécone (BRGM/RP-60014-FR) et à la suite de l'étude de pollution des sources complémentaires détaillée à la suite du rapport (§ 6.4). La masse d'eau Centre a une surface dégradée qui s'étend au-delà des zones à risque du SIESMAR, donc considérée supérieure à 20%.

La représentativité des points d'eau sur l'ensemble de la masse d'eau Sud Atlantique (FRJG205) est très mauvaise, les résultats de l'étude complémentaire ne permettent pas de trancher quant à un pourcentage supérieur à 20% de surface dégradée. Sa surface dégradée reste donc inchangée, soit à 19% de zone potentiellement polluée.

**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 Nord Atlantique. 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.

Masse d'eau	% de zone à risque moyen à fort (intrants agricoles non hiérarchisés)
NORD - FRJG201	37%
NORD ATLANTIQUE - FRJG202	34%
NORD CARAIBES - FRJG203	13%
CENTRE - FRJG204	19%
SUD ATLANTIQUE - FRJG 205	19%
SUD CARAIBES - FRJG206	6%

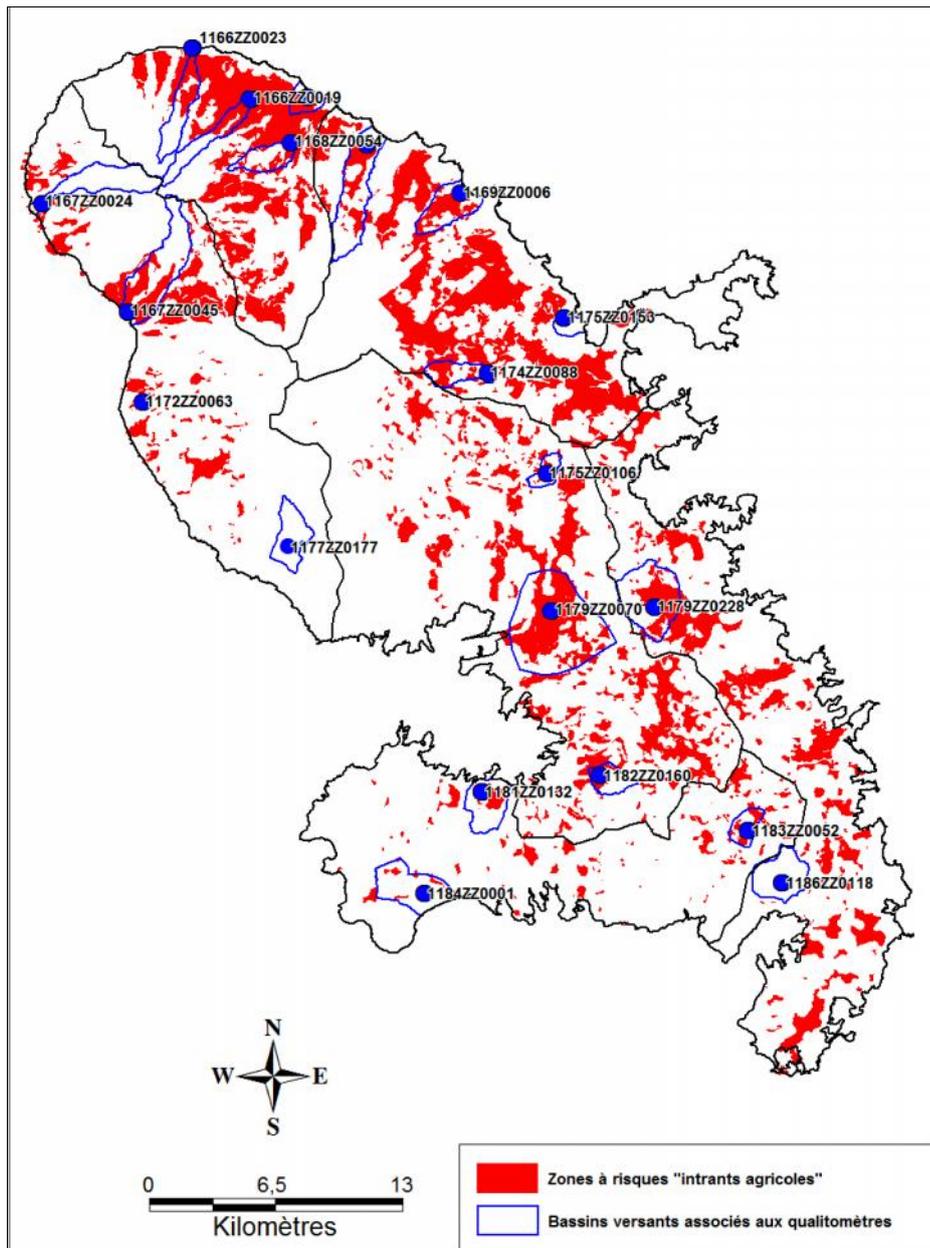


Illustration 14 : Tableau des pourcentages des superficies concernées par masse d'eau (avec et sans hiérarchisation de la pression associée à chaque type de culture) et carte de risque de contamination des eaux souterraines par les intrants agricoles correspondante; Arnaud et Wiat (2010)

### **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.

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

Comme indiqué lors de l'évaluation de l'état quantitatif (§4.1.2), aucun 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 6 masses d'eau souterraine de Martinique.

### **Test : zones protégées AEP**

Seules les masses d'eau Nord (FRJG201 et Nord Atlantique (FRJG202) sont concernées par des captages AEP fournissant plus de 10m<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 nécessaire jusqu'alors.

Les résultats des différents tests sont regroupés dans l'illustration 15.

A la suite des différents tests de classification des masses d'eau souterraine, une carte de synthèse de l'évaluation de l'état qualitatif est réalisée illustration 16.

Les masses d'eau Nord (FRJG201), Nord Atlantique (FRJG202) et Centre (FRJG204) apparaissent classées en mauvais état chimique en raison de contaminations étendues aux pesticides organochlorés (surfaces dégradées supérieures à 20%).

Malgré la présence de points présentant une qualité médiocre sur chacune des masses d'eau Nord Caraïbes (FRJG203) et Sud Caraïbes (FRJG205), les surfaces dégradées sont inférieures à 20% de la superficie des masses d'eau. Ces dernières sont donc considérées en bon état chimique.

Masse d'eau	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
Nord - FRJG201	115	Oui	4/4	Pesticides	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	?	Non	Moyen	Nord - FRJG201
Nord Atlantique - FRJG202	175	Oui	3/4	Pesticides	Oui	Oui	Oui	Non	?	?	Non	Faible	Nord Atlantique - FRJG202
Nord Caraïbes - FRJG203	174	Oui	0/4	Pesticides	Non	Non	Non	Non	?	?	Non	Faible	Nord Caraïbes - FRJG203 *
Centre - FRJG204	286	Oui	2/3	Pesticides	Oui	Oui	Non	Non	?	?	Non	Faible	Centre - FRJG204 *
Sud Atlantique - FRJG205	180	Oui	1/2	Pesticides	Non	Non	Non	Non	?	?	Non	Faible	Sud Atlantique - FRJG205 *
Sud Caraïbes - FRJG206	151	Oui	1/3	Pesticides	Non	Non	Non	Non	?	?	Non	Faible	Sud Caraïbes - FRJG206 *

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

bon état  
mauvais état

Illustration 15 : Résultats de l'enquête appropriée pour l'évaluation de l'état qualitatif des 6 masses d'eau souterraine de la Martinique, dans le cadre de la révision de l'état des lieux 2014

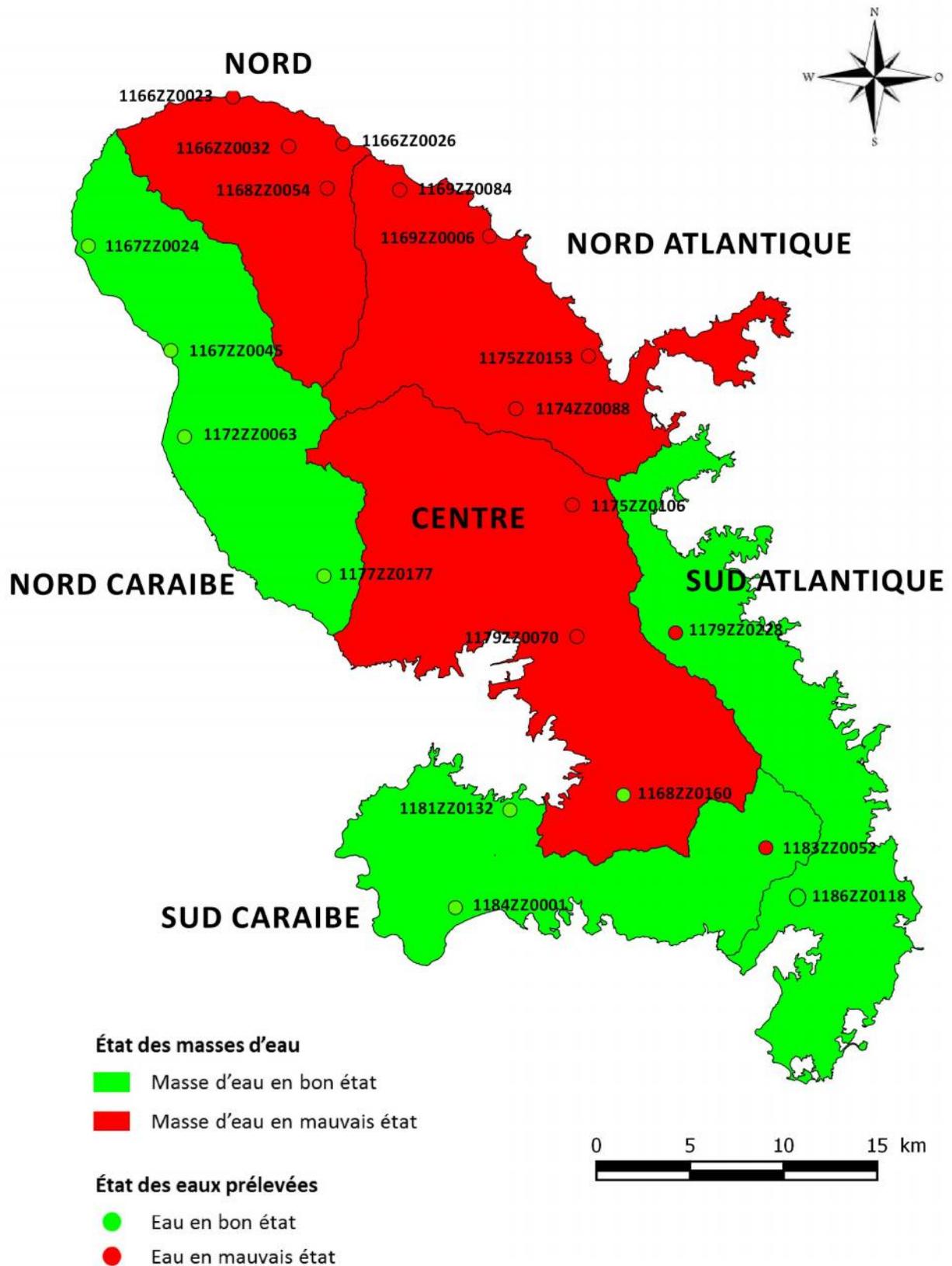


Illustration 16 : Carte de l'état qualitatif des points d'eau et masse d'eau souterraine dans le cadre de l'évaluation 2014



## **5. Dossiers complémentaires : Suivi mensuel de la contamination par les produits phytosanitaires**

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 et sur la source de Trinité - Morne Figue. L'objectif poursuivi est l'amélioration de la compréhension des processus de transfert des molécules phytosanitaires pour, *in fine*, mieux gérer le risque de contamination des eaux souterraines.

Conformément aux conclusions du rapport annuel 2010 (Arnaud et al., 2011), le suivi mensuel a été abandonné sur la source de Trinité, notamment en raison de l'impossibilité de suivre son débit. En accord avec l'ODE, il a été transféré sur le piézomètre de Basse Pointe - Chez Lélène.

### **5.1. MÉTHODOLOGIE**

Afin d'appréhender les processus de transfert des pesticides dans le contexte insulaire de la Martinique, les outils de datation des eaux souterraines jeunes, CFCs et SF<sub>6</sub>, ont été appliqués sur les deux points suivis mensuellement et croisés avec les mesures de concentration de 130 phytosanitaires.

La technique de datation utilisée est détaillée dans le rapport annuel 2010 (Arnaud et al., 2011).

En collaboration avec la DEAL et l'ODE Martinique, une étude sur les mécanismes de transfert de la chlordécone vers les eaux souterraines a été réalisée. Un des objectifs était de déterminer l'altitude moyenne de recharge des eaux des deux forages suivis mensuellement dans le but d'évaluer de façon plus robuste l'âge de ces eaux. Les conclusions de cette étude, détaillée dans le rapport Arnaud et al., 2013, suggère que les eaux souterraines prélevées sur les deux forages de Basse Pointe sont principalement rechargées à des altitudes inférieures à 300 m NGF et présentent des temps de résidence moyens identiques, compris entre 5 et 8 ans.

D'un point de vue opérationnel, la grande stabilité des concentrations en CFCs et SF<sub>6</sub> a amené le BRGM à recommander un suivi semestriel pour ces gaz à compter d'avril 2013.

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

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

#### **5.2.1. Contexte géologique et hydrogéologique**

D'un point de vue géologique, ces forages interceptent des écoulements pyroclastiques (coulées de ponce et nuées ardentes, Illustration 17 et Illustration 18) du volcan de la Montagne Pelée.

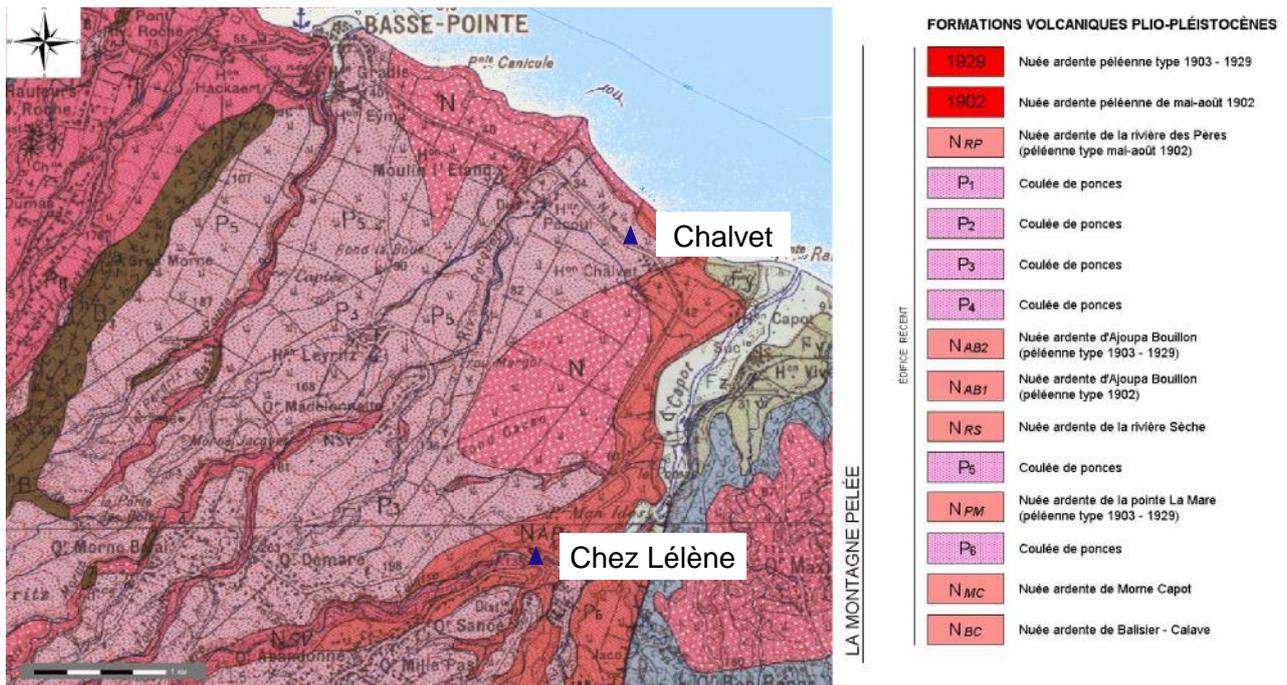


Illustration 17 : Carte géologique (Westercamp et al., 1990)

La coupe géologique du forage de Chalvet (Illustration 18) souligne une altération importante avec une épaisseur d'argiles d'altération avoisinant les 17 mètres. Un horizon aquifère, à porosité de matrice (graviers et cailloux emballés dans une matrice sableuse) est rencontré entre 17m et 29m. 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 Chez Lélène, il est implanté dans une coulée de ponces dont la description détaillée n'est pas connue, notamment leur niveau d'altération ou de fissuration. Par ailleurs, aucune information n'a été retrouvée concernant le débit au soufflage ou en cours de foration.

Concernant l'épaisseur de la zone non saturée, elle varie entre 14 m et 18 m à Chalvet (Illustration 19) et entre 3 m et 3,8 m à Chez Lélène (Illustration 20).

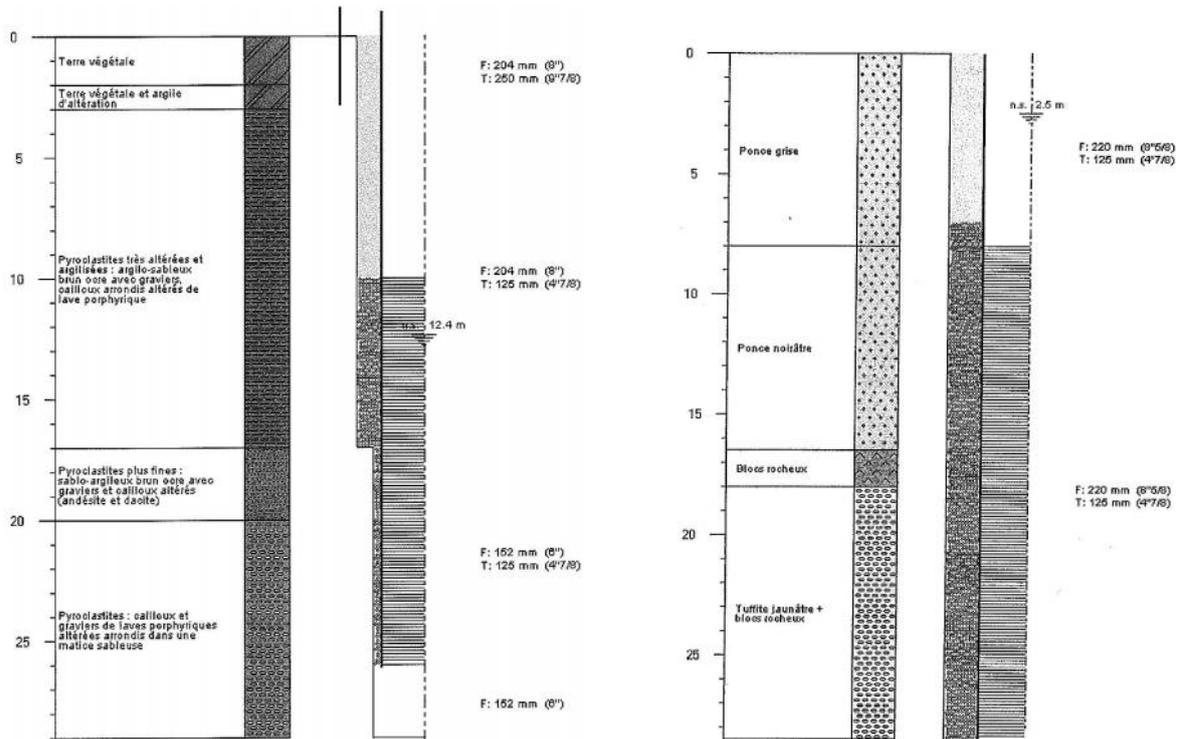


Illustration 18 : Coupes géologiques et techniques des forages de Chalvet (à gauche) et Chez Lélène (à droite)

Les fluctuations piézométriques enregistrées au droit de l'ouvrage de Chalvet figurent en Illustration 19. Elles présentent un régime saisonnier dominant malgré les fortes perturbations rencontrées avec cette recharge de juillet 2010 à décembre 2012, plus ou moins stagnante par période (janvier 2011 à juillet 2011) ; suivi d'une vidange jusqu'à mai 2013. Depuis, on a tendance à retrouver des fluctuations tous les 6 mois. Les chroniques laissent supposer une amorce de recharge en janvier 2014.

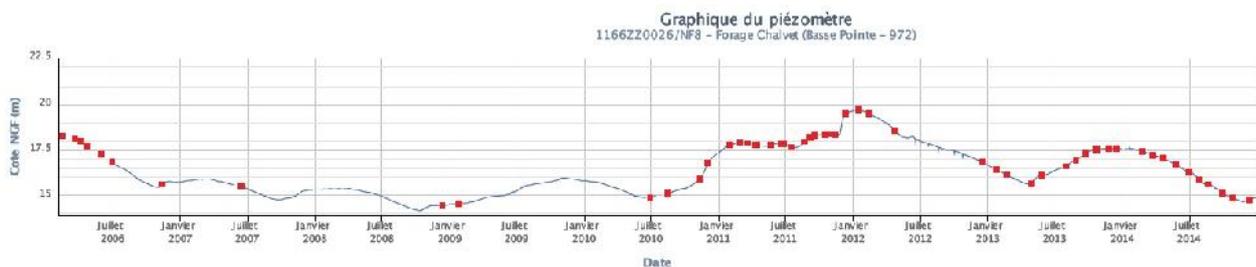


Illustration 19 : Chronique piézométrique du forage de Chalvet au pas de temps journalier (janvier 2006 – décembre 2014)

La chronique enregistrée à Chez Lélène est présentée en Illustration 20. Elle affiche des fluctuations piézométriques beaucoup plus réactives aux précipitations que celle de Chalvet ; ce phénomène est particulièrement visible au pas de temps horaire (Illustration 21). 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 en période de crue. En effet, il est important de mentionner la proximité de la rivière Falaise qui localement constitue *a priori* 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 Chez Lélène qu'à Chalvet.



Illustration 20 : Chronique piézométrique du forage Chez Lélène au pas de temps journalier (janvier 2004 – décembre 2014)

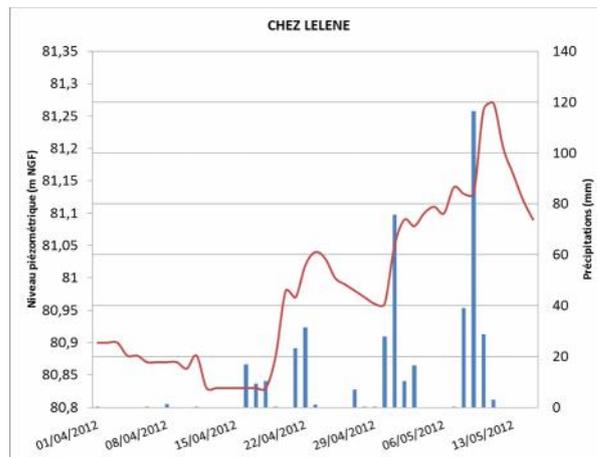
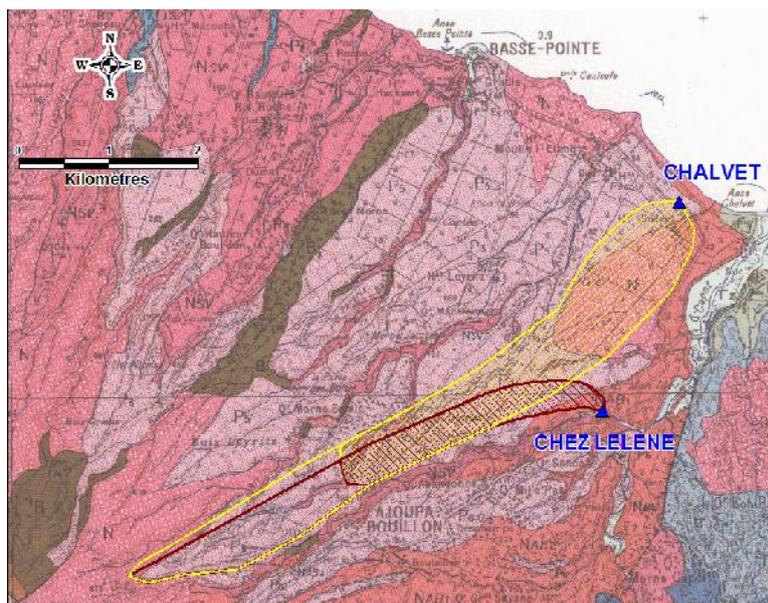


Illustration 21 : Chronique piézométrique de Chez Lélène au pas de temps horaire (du 7 au 14 mai 2012)

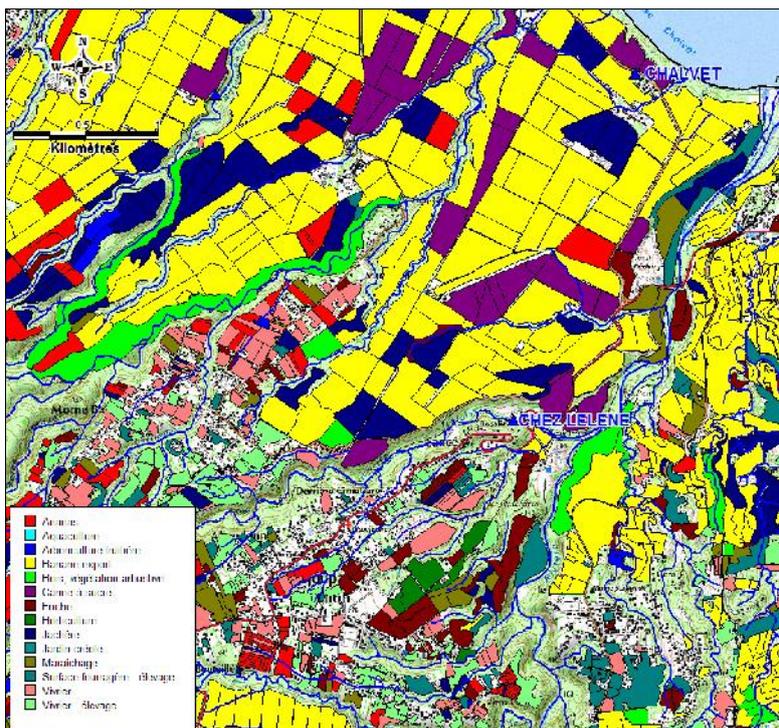
### 5.2.2. Pressions agricoles et contamination

L'étude réalisée en 2011-2012 a permis de délimiter les bassins d'alimentation des deux forages situés sur la commune de Basse Pointe (Illustration 22).



*Illustration 22 : Délimitation approximative des bassins d'alimentation des forages Chez Lélène et Chalvet (les zones hachurées correspondent aux principales zones de recharge) (Arnaud et al., 2013)*

Par ailleurs, elle a mis en avant l'altitude des zones principales de recharge qui sont comprises entre 30 et 350 m NGF pour le forage de Chalvet et entre 90 et 350 m NGF pour le piézomètre de Chez Lélène. Ainsi, en recoupant avec la carte d'occupation du sol (Illustration 23), et sachant que la contribution de l'amont non contaminé est minime, la prédominance d'une recharge à ces altitudes moyennes recouvertes de bananeraies explique 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 Chez Lélène (Illustration 233).



*Illustration 23 : Carte de l'occupation du sol (CNASEA, 2006)*

L'illustration 24 rassemble les principales molécules phytosanitaires détectées dans les eaux souterraines prélevées à Chalvet et à Chez Lélène en 2014. Comme le souligne le tableau, les fortes concentrations proviennent de pesticides utilisés dans la culture de la banane et sont à ce jour presque tous interdits.

Produits phytosanitaires				Concentrations moyennes ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )	
Type	Molécules	Statut européen (Annexe I)	Date d'interdiction	Chalvet	Chez Lélène
Insecticides	Beta HCH	Non autorisé	1998	0,020	0,022
	Chlordécone	Non autorisé	1993	1,316	0,464
	Chlordécone 5B-hydro		métabolite CLD	0,049	0,04
	Dieldrine	Non autorisé	1994	0,066	0,144
	Heptachlore époxyde	Non autorisé	1973	0,0047	0,007
Herbicides	Amétryne		30/09/2003	0,017	non détecté
	Atrazine		30/09/2003	0,005	0,011
	Bromacil		2003	0,480	0,284
	Diuron	Autorisé jusqu'au 30/09/2018	13/12/2008	0,021	0,025
	Hexazinon	Non autorisé	31/08/2008	0,019	0,039
	Monuron	Non autorisé		non détecté	non détecté
	Metolachlore / S-metolachlore	Non autorisé / jusqu'au 31/03/2015		0,017	0,091
Fongicides	Métalaxyl / métalaxyl-M	30/06/2020 / 31/12/2015		0,028	0,003
	Propiconazole	Autorisé jusqu'au 31/05/2014		0,178	non détecté

Illustration 24 : Récapitulatif des principales molécules détectées dans les eaux souterraines pour Chalvet et Chez Lélène pour l'année 2014

Il est rappelé que le statut des molécules au niveau européen (inscription à l'Annexe I) est complété au niveau national (pour chaque état membre) d'une évaluation des produits commerciaux. Ainsi, une molécule inscrite à l'Annexe I n'a pas nécessairement d'usages autorisés en France (pas d'autorisation de mise sur le marché d'un produit commercial contenant cette substance).

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

Les eaux de Chalvet présentent une minéralisation plus importante que celles de Chez Lélène. Les variations de la conductivité électrique de l'eau restent modérées dans les deux cas, plus particulièrement à Chez Lélène (entre 299 et 367  $\mu\text{S/cm}$ ) (Illustration 25).

Dans les deux cas, les eaux sont chlorurées et sulfatées, calciques et magnésiennes. Au regard de la contamination en pesticides et en nitrates, l'origine anthropique (engrais) des plus fortes teneurs en chlorures et sulfates est avérée (en relation avec les concentrations en nitrates).

Un temps de transit plus important de l'eau (interactions eau-roche) ainsi qu'un impact anthropique plus marqué (nitrates et chlorures) expliqueraient la plus forte minéralisation à Chalvet.

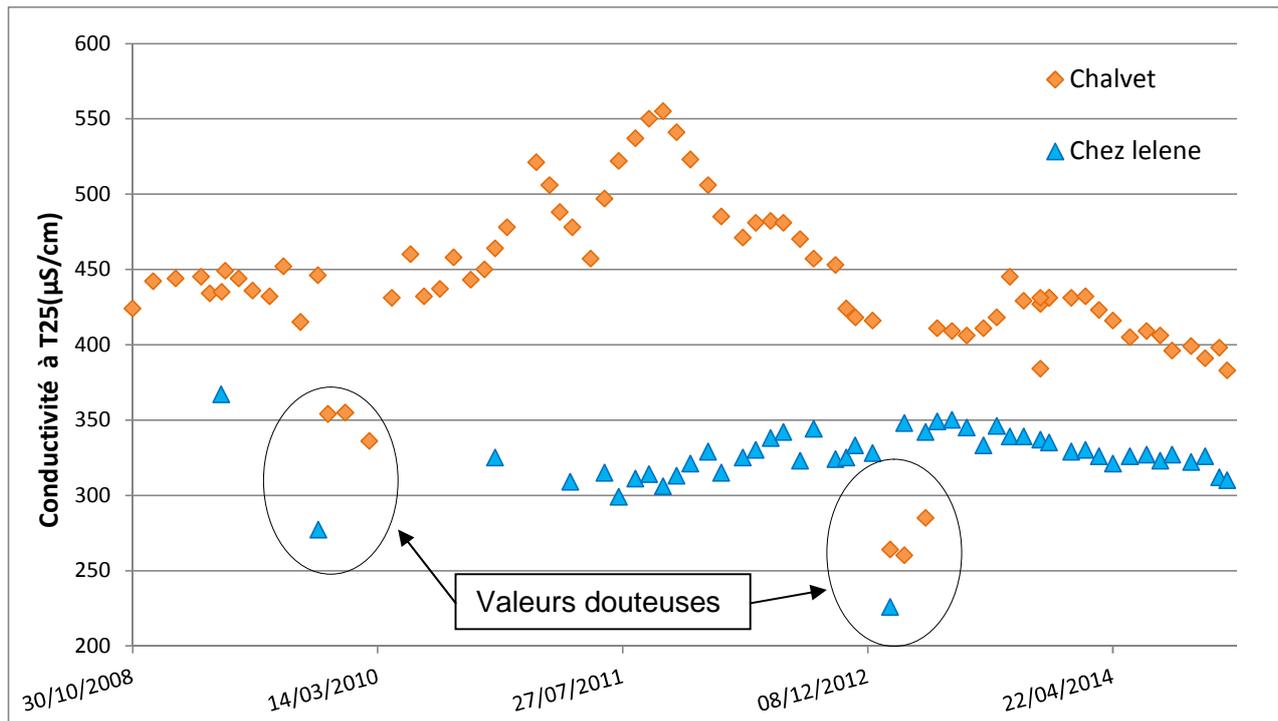


Illustration 255 : Évolution de la conductivité électrique de l'eau à Chalvet et Chez Lélène

Comme cela est déjà observé sur Chalvet (Arnaud et al., 2011), une faible variabilité temporelle est également à noter à Chez Lélène pour les concentrations en silice et potassium, deux traceurs de la lithologie (Illustration 26).

Une grande stabilité des concentrations en potassium est à souligner à Chez Lélène (entre 3,6 et 5,3 mg/l). Les plus fortes concentrations en silice soulignent sans doute des temps de transit plus longs à Chalvet.

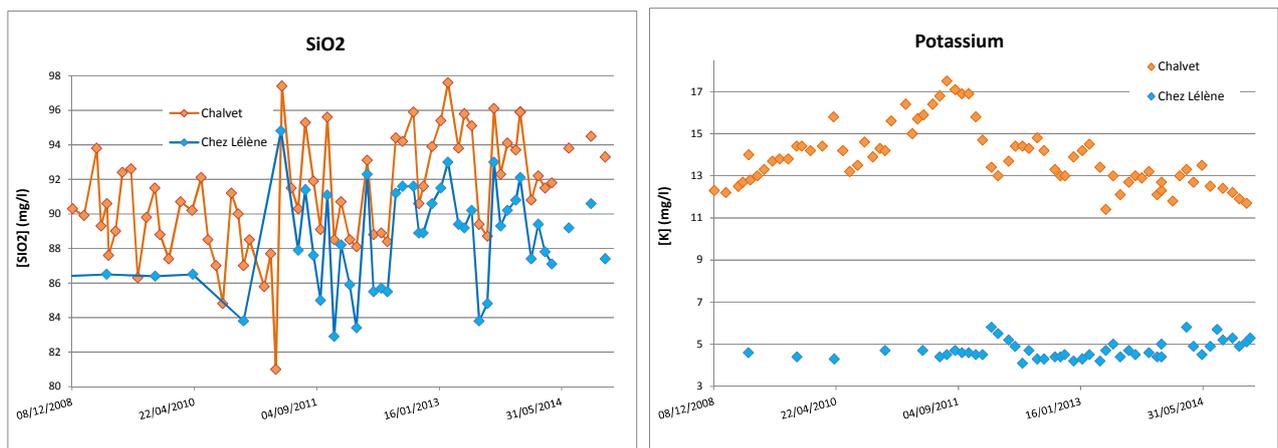


Illustration 26 : Évolution des concentrations en silice et potassium à Chalvet et Chez Lélène

## 5.4. ÉVOLUTION MENSUELLE DES CONCENTRATIONS EN PESTICIDES

### 5.4.1. Apport de la fréquence mensuelle

L'illustration 27 met en parallèle le suivi semestriel et le suivi mensuel de la molécule chlordécone-5b-hydro pour le piézomètre de Chez Lélène et du beta HCH pour celui de Chalvet.

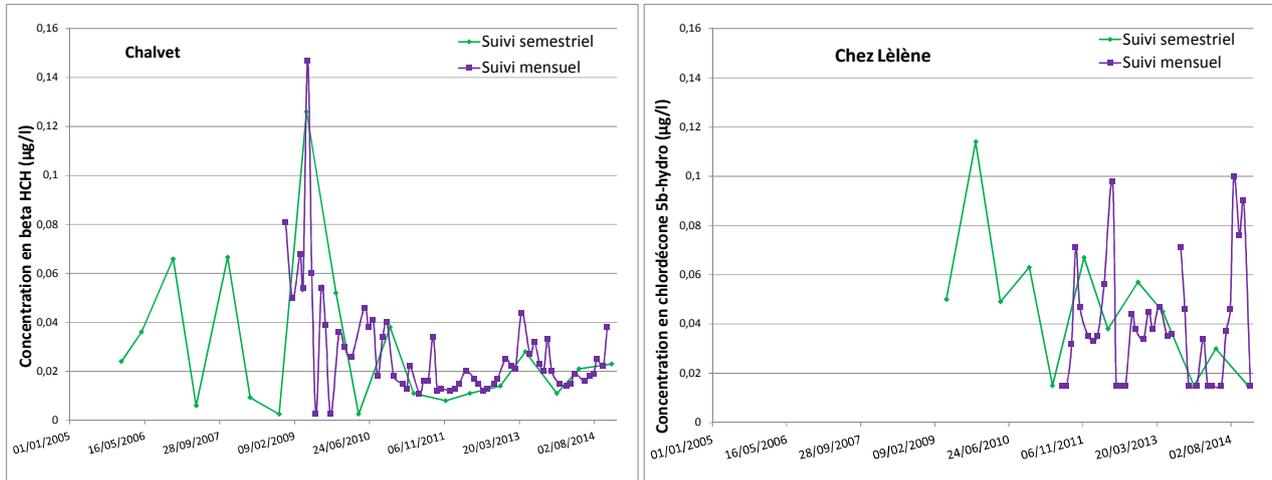


Illustration 27 : Évolution des concentrations en beta HCH à Chalvet depuis décembre 2005 et des teneurs en chlordécone-5b-hydro à Chez Lélène depuis avril 2009

Comme cela a été souligné dans les rapports annuels précédents, les chroniques du suivi mensuel et du semestriel présentent des fluctuations différentes. En effet, plusieurs pics de concentrations ne peuvent être mis en évidence par un suivi à la fréquence semestrielle alors qu'ils sont nettement identifiables avec une fréquence de mesure plus élevée, et ce, aussi bien sur Chalvet, que sur Chez Lélène.

Le suivi mensuel apporte ainsi des indications sur la durée des pics de contamination et sa cinétique de disparition. Il apparaît 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 - Chez Lélène (Arnaud et al., 2013). Sans mesure fine des débits de la rivière Falaise en parallèle, un suivi plus resserré ne semble pas pertinent.

### 5.4.2. Fluctuations mensuelles par molécule

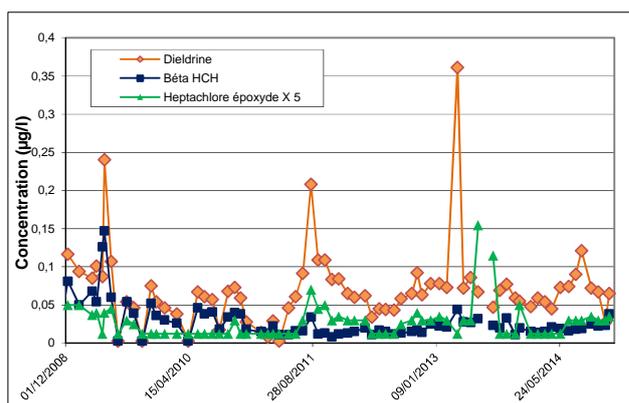
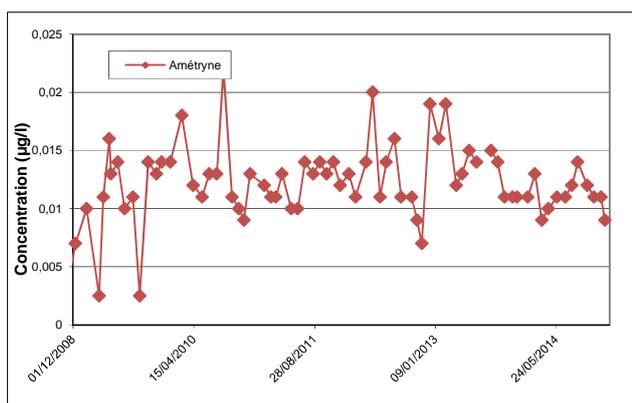
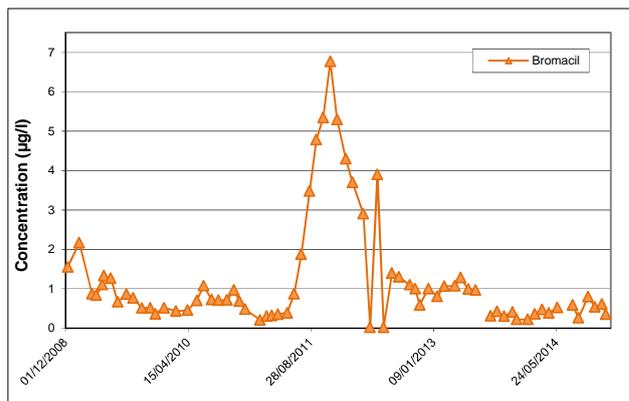
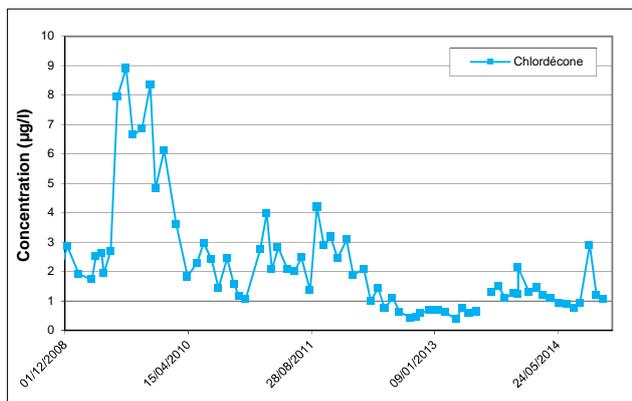
Les rapports annuels antérieurs ont mis en évidence une certaine structuration dans les chroniques mensuelles de concentration ainsi que des schémas d'évolution identiques pour certaines molécules (Illustration 28).

Le recul d'une année supplémentaire de suivi apporte des précisions complémentaires :

- Depuis l'année 2011, les concentrations des différentes molécules phytosanitaires sont en forte baisse et ont tendance à se stabiliser. Seule la molécule de métolachlore affiche un pic de concentration en septembre 2013 avec une teneur mesurée de 0,067µg/l et 0,043µg/L en octobre 2014. Cette diminution généralisée qui perdure en 2013 ne peut

être reliée au changement de matériel de pompage (tuyauterie) puisque ce suivi a débuté en avril 2012 et ne concerne que les campagnes semestrielles ;

- Le diuron, l'hexazinon, le métalaxyl et le propiconazole suivent un schéma d'évolution similaire avec des fluctuations globalement moins marquées depuis fin 2010. La concordance des fluctuations est en revanche moins évidente pour la molécule de métolachlore qui affiche plusieurs pics de concentrations (mars 2012, février 2013 et septembre 2013, octobre 2014) ;
- La dieldrine, le beta HCH ainsi que l'heptachlore époxyde affichaient des fluctuations similaires jusqu'en début 2013, depuis l'heptachlore époxyde connaît des pics de concentration en juin et décembre 2013, la dieldrine en mars 2013 et aout 2014 qu'on ne peut corrélérer ;
- La chlordécone (interdite en 1993), l'amétryne, le bromacil et le monuron suivent des évolutions de concentration propres à chacun (aucune corrélation significative avec d'autres molécules). Il est à noter l'évolution du monuron qui depuis 2011 avoisine la limite de quantification, ainsi que celle du bromacil qui a pourtant connu un large pic de concentration en novembre 2011 (6,77µg/l) ainsi qu'un pic au mois de mai 2012.



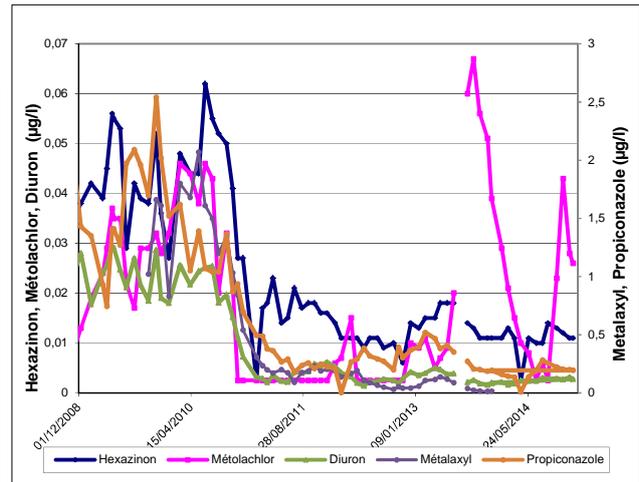
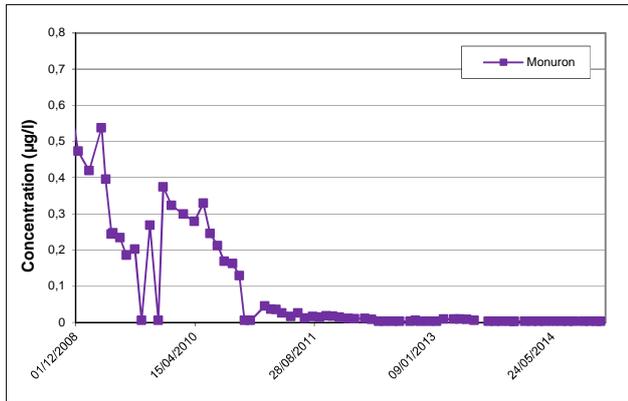


Illustration 28 : Fluctuations mensuelles mesurées sur Basse Pointe\_Chalvet pour différents pesticides (les valeurs inférieures à la limite de quantification sont arbitrairement représentées comme égales à LQ/2)

En comparant les fluctuations observées sur Chalvet et sur la source de Morne Figue dont le suivi mensuel a été abandonné au profit de celui à Chez Lélène, il avait été constaté que les concentrations suivaient globalement les mêmes évolutions pour les 3 molécules communément détectées : la chlordécone, le beta HCH et la dieldrine.

Le même exercice a été réalisé pour les 8 molécules communément détectées sur Chalvet et Chez Lélène, à savoir la chlordécone, la chlordécone 5B-hydro, la dieldrine, l'heptachlore époxyde, l'hexazinone, le beta HCH, le diuron et le bromacil (Illustration 29).

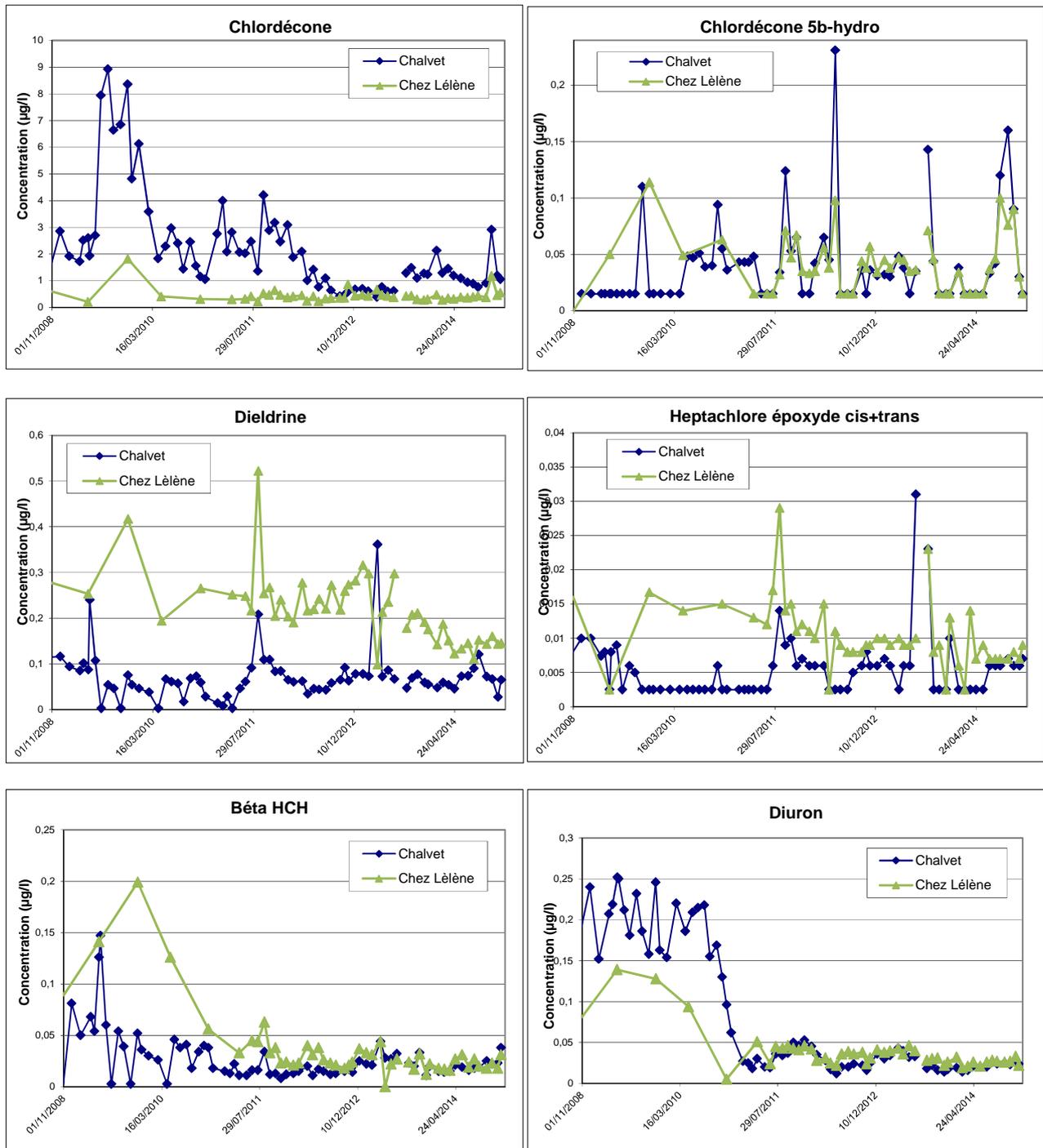
Toutes ces molécules connaissent des fluctuations similaires sur les deux stations à l'exception du bromacil qui affiche une très forte augmentation de sa concentration entre les mois de juin et novembre 2011 sur Chalvet alors que le piézomètre de Chez Lélène montre une stabilité dans ses concentrations. Cette forte concentration à Chalvet pourrait s'expliquer par le transfert d'un stock lié à un usage passé, ponctuellement conséquent. Néanmoins, une tendance à la stabilisation sur les deux sites se dessine depuis aout 2013.

Par ailleurs, plusieurs inversions dans les concentrations de certaines molécules ont été identifiées. Ainsi, alors que le taux de chlordécone est habituellement plus élevé au droit du forage de Chalvet, situé plus en aval, en novembre 2012, les eaux prélevées à Chez Lélène étaient plus riches en chlordécone avec une concentration de 0,863 µg/l contre 0,6 µg/l pour Chalvet. De même, la dieldrine et l'heptachlore époxyde, qui affichent généralement des teneurs plus importantes à Chez Lélène, ont été mesurées à des taux plus faibles qu'à Chalvet en avril et juin 2013.

Ces différents comportements peuvent s'expliquer par l'interaction de plusieurs facteurs :

- Les propriétés physico-chimiques des molécules qui vont dicter les 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.



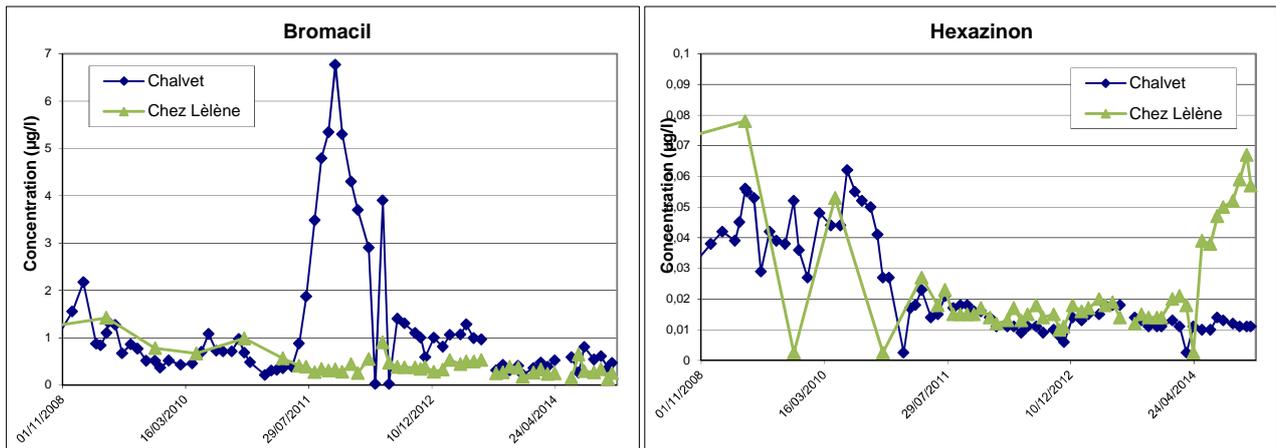


Illustration 29 : Comparaison des fluctuations mensuelles sur Chalvet et Chez Lélène pour la chlordécone, la chlordécone 5B-hydro, la dieldrine, l'heptachlore époxyde, le beta HCH, le diuron et le bromacil

## 5.5. RELATION PIÉZOMÉTRIE-CONCENTRATIONS EN PESTICIDES

### 5.5.1. À Chalvet

Certaines molécules phytosanitaires affichent des concentrations qui semblent être corrélées avec la chronique du niveau piézométrique enregistrée à Chalvet. Ceci est le cas du bromacil et de la chlordécone qui sont présentées en Illustration 30.

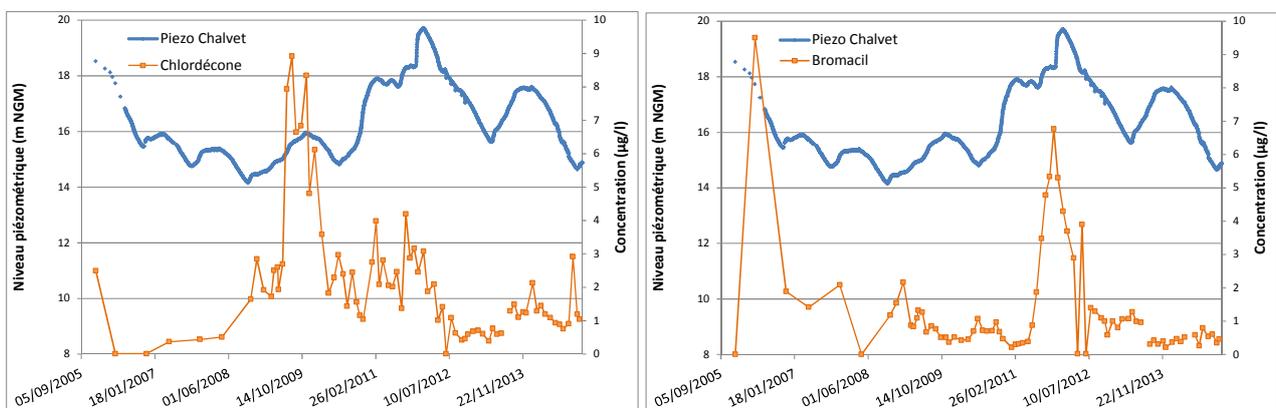


Illustration 30 : Fluctuations des concentrations en chlordécone et bromacil et du niveau piézométrique au droit du forage de Basse Pointe\_Chalvet

À l'inverse, les concentrations et le niveau piézométrique sont anti-corrélés pour les molécules de diuron, de propiconazole, d'hexazinon, et du beta HCH (Illustration 31).

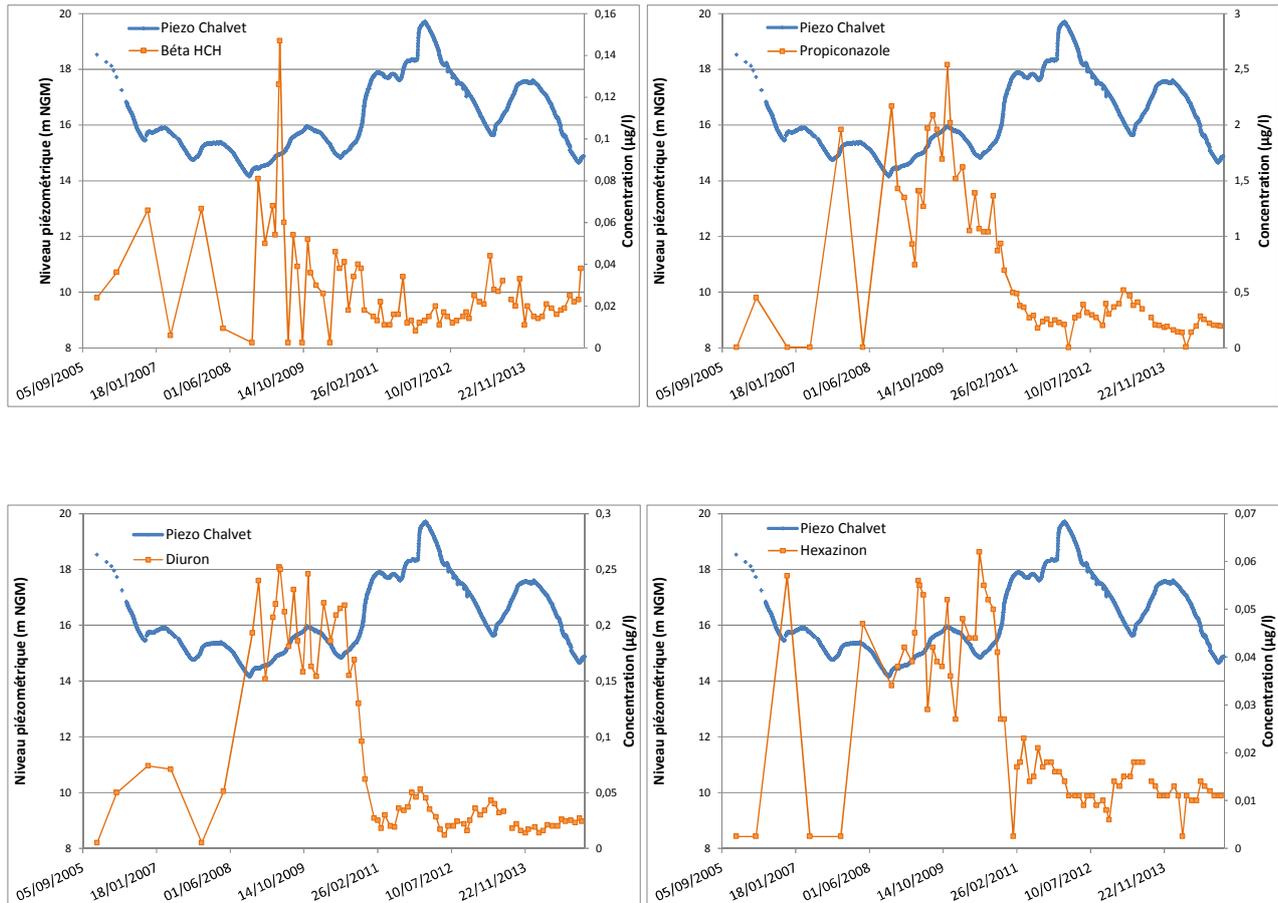


Illustration 31 : Fluctuations des concentrations en diuron, propiconazole, beta HCH et hexazinon et du niveau piézométrique au droit du forage de Basse Pointe\_Chalvet

Par ailleurs, il est intéressant de souligner la baisse continue des concentrations en parallèle de la recharge annuelle 2010-2011. Ainsi, l'hypothèse d'une influence prédominante des fluctuations piézométriques pluri-annuelles sur les concentrations de la majorité des molécules détectées semble pouvoir être avancée. Pour la chlordécone, un contrôle par les fluctuations piézométriques pluri-annuelles n'est pas impossible (Illustration 30) mais très probablement à combiner avec d'autres conditions hydro-climatiques (Arnaud et al., 2013).

### 5.5.2. Chez Lélène

Au regard des fluctuations piézométriques saisonnières, il n'apparaît actuellement pas possible de mettre en évidence de relation univoque entre piézométrie et concentrations en pesticides.

À titre indicatif, l'illustration 32 met en parallèle les fluctuations piézométriques et les variations de concentrations pour plusieurs molécules sur la période 2010-2014.

Il est intéressant de constater une augmentation marquée en hexazinon depuis mai 2014.

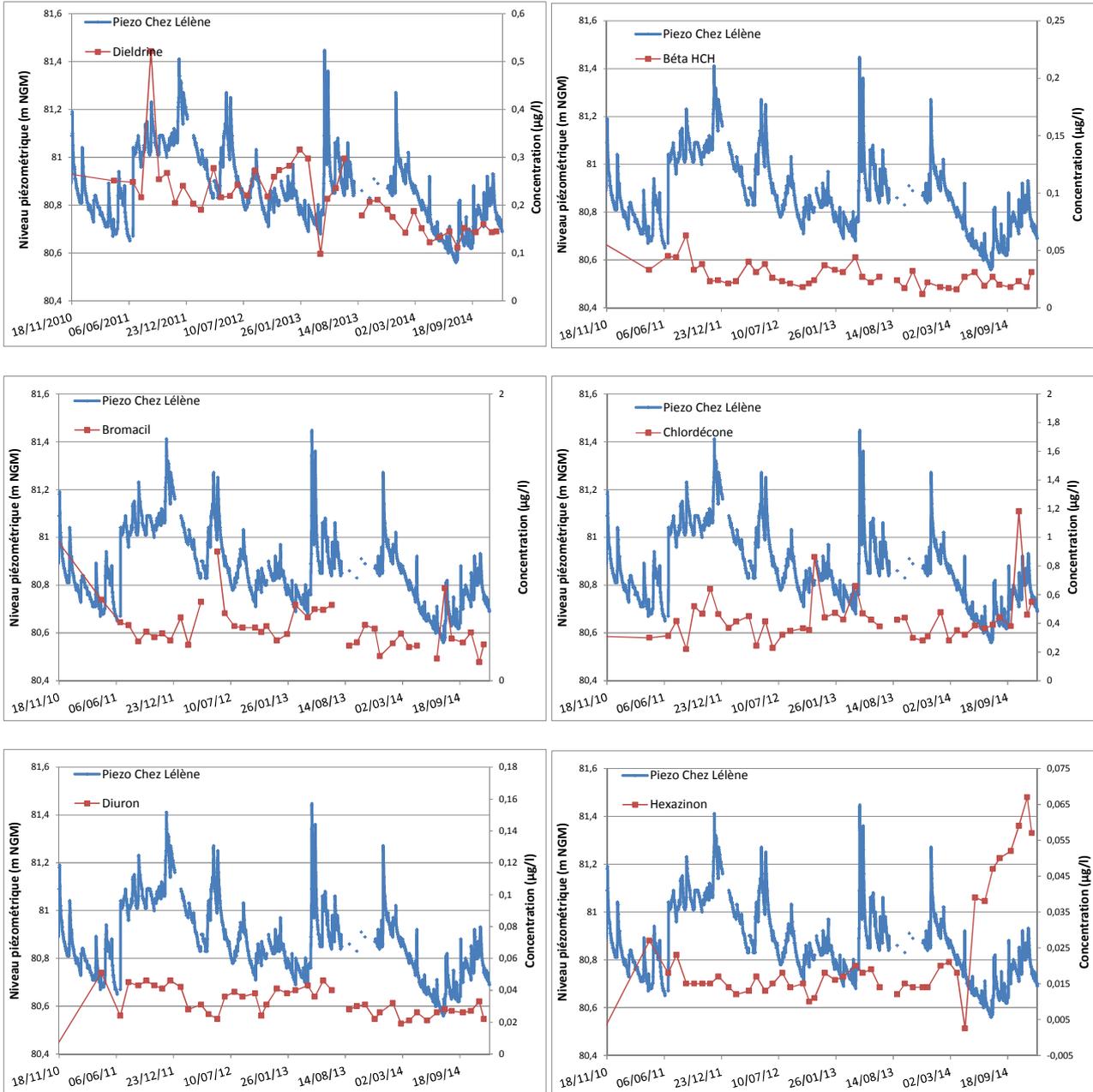


Illustration 32 : Fluctuations des concentrations en dieldrine, beta HCH, bromacil, chlordécone, diuron et hexazinon et du niveau piézométrique au droit du forage de Basse-Pointe\_Chez Lélène

## 5.6. RELATION PIÉZOMÉTRIE – CONCENTRATION EN NITRATES

L'illustration 33, met en relation l'évolution de la concentration des nitrates et celle de la piézométrie sur les deux stations suivies mensuellement.

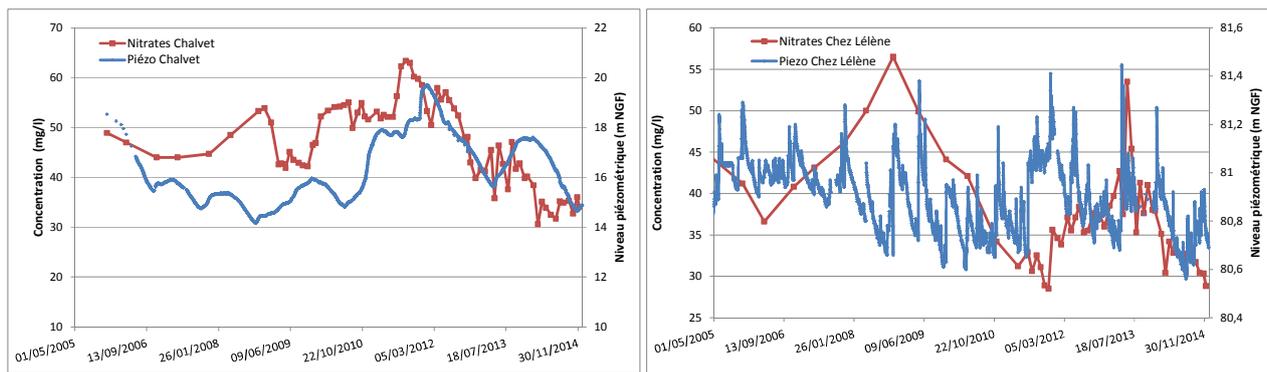


Illustration 33 : Fluctuations des concentrations en nitrates et du niveau piézométrique au droit des forages de Chalvet et de Chez Lélène

Concernant la station de Chalvet, il semblerait que la correspondance négative entre la piézométrie et les concentrations en nitrates nettement identifiée jusqu'en mars 2012, s'atténue depuis. En effet, après une forte baisse des teneurs mesurées (57,9 mg/L en février 2012 et 39,8 mg/L en décembre 2012), en parallèle d'une vidange de l'aquifère, la concentration en nitrates moyenne est de 34,2 mg/L en 2014.

Une tendance similaire est identifiée pour le forage de Chez Lélène. Malgré sa forte réactivité face aux épisodes orageux entraînant des pics du niveau piézométrique, une allure générale se dégage de la chronique qui apparaît anti-corrélée à la courbe matérialisant les concentrations en nitrate, néanmoins, d'autres facteurs hydro-climatiques contrôlent l'évolution des concentrations.

A noter que le forage connaît un dépassement en mai 2013 à 53,5 mg/L du seuil DCE.

## 5.7. 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 Chez Lélène 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 (rapport Arnaud et al., 2013) aboutissent à une température et une altitude moyenne de recharge identique pour les deux forages ( $T_{\text{moy}} = 25^{\circ}\text{C}$  ;  $\text{alt}_{\text{moy}} = 200\text{m}$ ).

### 5.7.1. À Chalvet

À partir des CFC-12 et CFC-113 ainsi que de quelques valeurs de  $\text{SF}_6$  il est possible d'estimer l'âge apparent des eaux souterraines de Chalvet. Le traitement abouti à une date moyenne de recharge de 2007 (en 2011) et 2008 (en 2012 et début 2013).

Les concentrations enregistrées depuis le début du suivi figurent en Illustration 34. Bien que les variations soient plus importantes qu'à Chez Lélène, elles restent minimales et s'effectuent lentement, soulignant ainsi un système bien tamponné.

Sur la période 2012-2013, les concentrations en CFC-12 passent de 1,6 à 1,3  $\text{pmol.l}^{-1}$ . L'incertitude analytique pour ce gaz étant de 0,1  $\text{pmol.l}^{-1}$  cette baisse pourrait être significative et indiquerait alors une légère augmentation de l'âge apparent des eaux souterraines. Il est nécessaire, sur cette période, de corréler les concentrations en gaz et éléments dissous avec les données piézométriques.

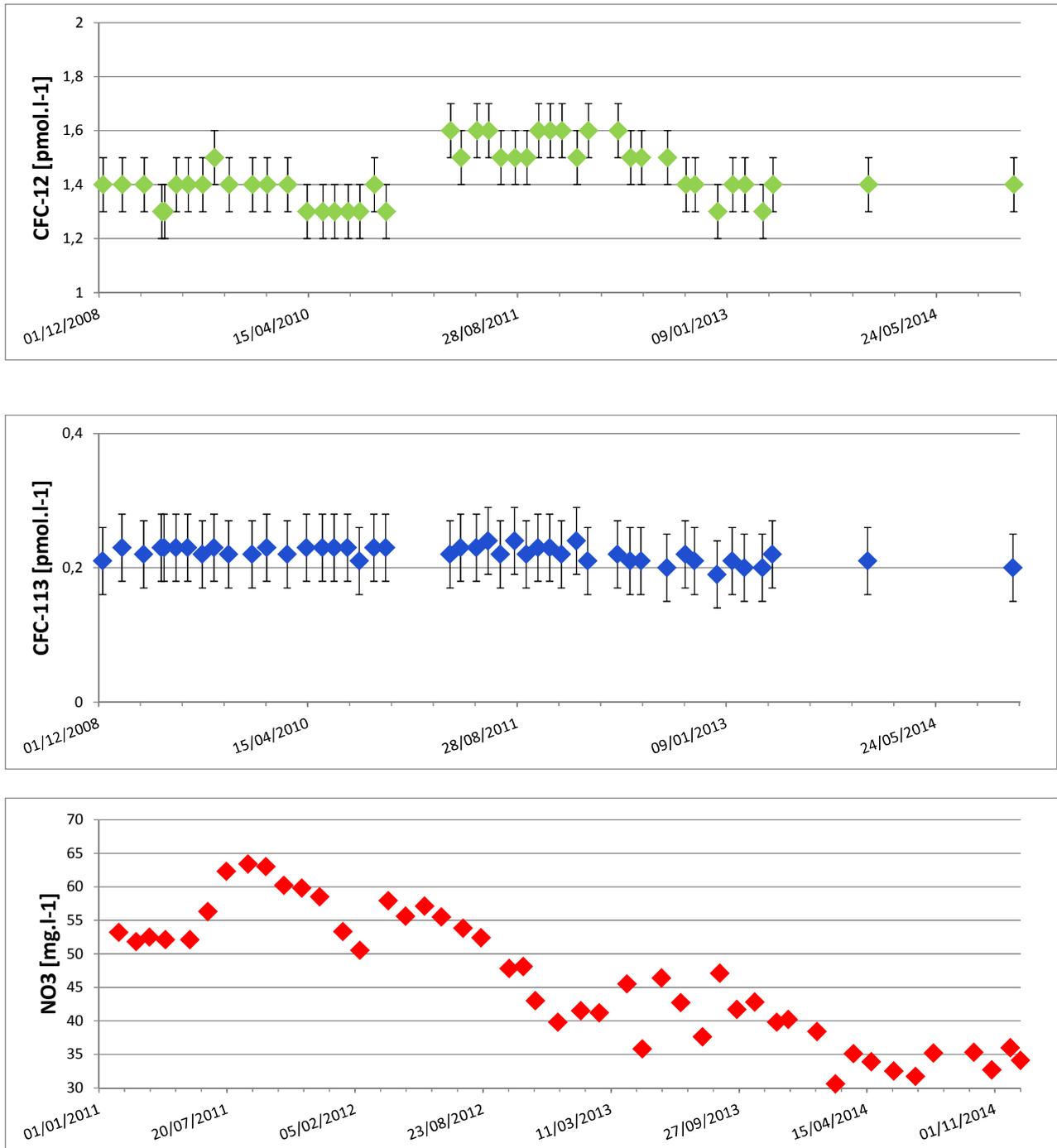


Illustration 34 : Variations des CFC-12 et CFC-113 au forage Chalvet

### 5.7.2. Chez Lèlène

Les eaux du forage Chez Lèlène présentent une date de recharge moyenne similaire à celle de Chalvet, soit de 2007 (en 2011) et 2008 (en 2012 et début 2013).

Ces eaux de plusieurs années et le modèle de recharge estimé (modèle piston) sont en accord avec un système tamponné présentant de faibles variations des paramètres chimiques.

Les concentrations en nitrates varient faiblement d'un mois à l'autre et de 10 mg.l<sup>-1</sup> au maximum sur la période 2011-2014 (Illustration 35). La légère augmentation des concentrations en nitrates observée depuis fin 2011 ne serait donc pas due à un contexte hydrologique spécifique (qui se reflèterait sur l'évolution des gaz dissous) mais à une augmentation régulière de la pression (apports azotés aux cultures) depuis quelques années.

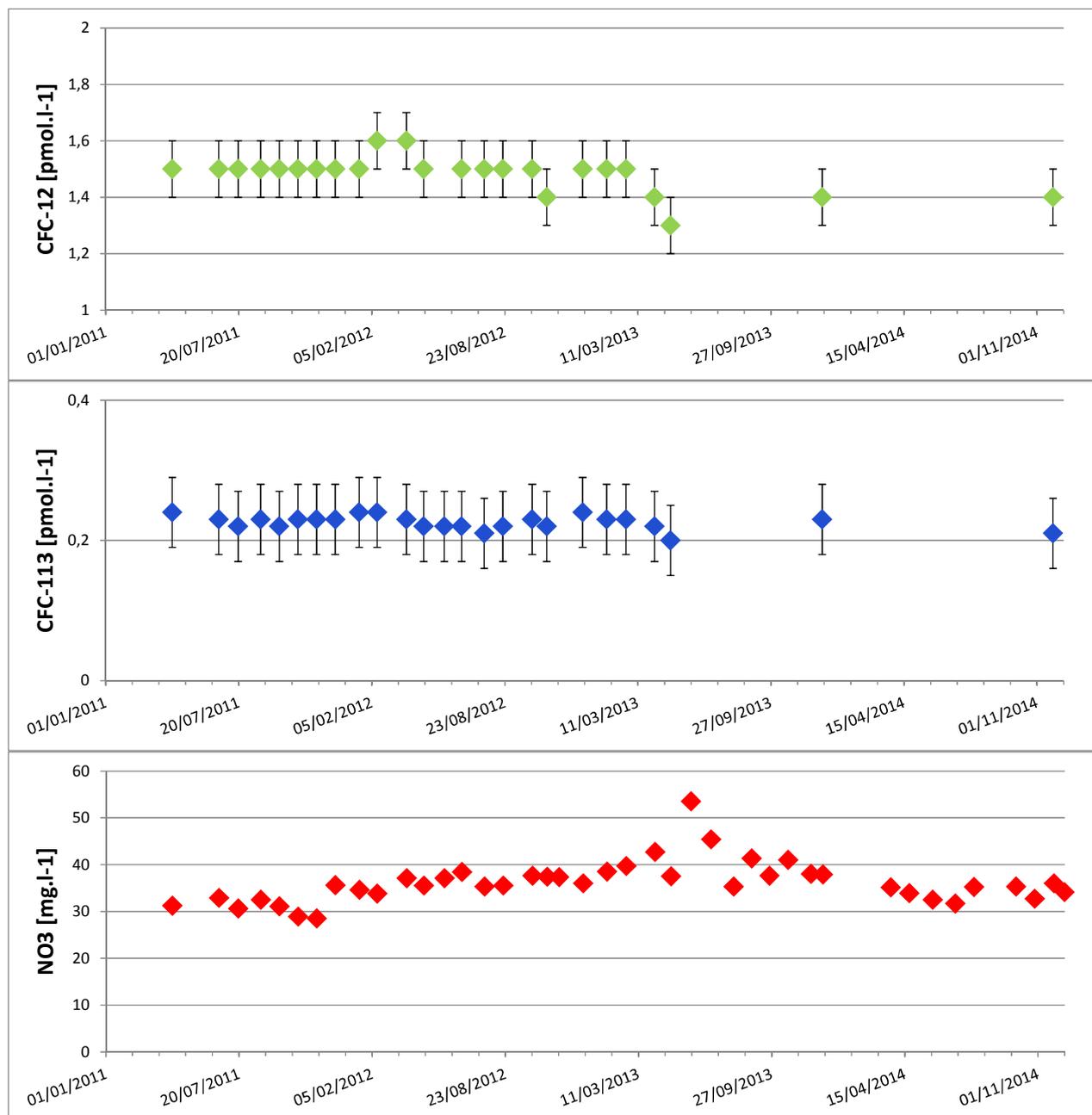


Illustration 35 : Variations des CFC-12, CFC-113 et NO3 au forage Chez Lélène

Compte tenu des faibles variations, en 2013, la fréquence des analyses sur les deux stations du suivi mensuel est passée à deux analyses annuelles en période de basses et hautes eaux.

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

Après une longue période de vidange des aquifères de Basse Pointe entamée fin 2013, le niveau piézométrique de Chalvet commence depuis novembre 2014 sa recharge, alors que Chez Lèlene la débuté en juillet 2014 ; les tendances sont visiblement inversées depuis cette fin d'année.

En revanche, l'hypothèse d'un contrôle des variations des concentrations en pesticides par les cycles hydrodynamiques pluri-annuels semble se dessiner. Il a par exemple été mis en évidence pour la quasi-totalité des molécules que toutes les fortes concentrations mesurées à Chalvet correspondaient à des niveaux de basses eaux. Pour de nombreuses molécules, un pic de concentration, plus ou moins étalé, est observé au sein de la période de basses eaux et suivi par une forte baisse des concentrations sur les derniers mois (début de la recharge de l'aquifère).

Une baisse générale des concentrations de certaines molécules phytosanitaires semble se poursuivre depuis 2013 sur les deux stations.

Cette hypothèse apparaît également cohérente avec les 2 observations suivantes qui plaident en faveur de l'influence des cycles pluri-annuels des nappes :

- pour certaines molécules (majoritairement d'usage ancien), des variations de concentration similaires sont mesurées d'un point à l'autre (Chalvet, Morne Figue et Chez Lèlène) présentant pourtant des contextes géologique, pédologique et hydrodynamique différents ;
- malgré des eaux aux caractéristiques physico-chimiques très stables pour Chalvet et Chez Lèlène, des variations de concentrations sont observées.

Cette hypothèse ne pourra cependant être validée que par l'acquisition de données supplémentaires (sur la période 2005-2014, un seul cycle pluri-annuel complet a été suivi à Chalvet).

## 6. Conclusions

Conformément à la DCE 2000/60/CE, les 6 masses d'eau souterraines de la Martinique ont été étudiées à la fois sur le volet quantitatif et qualitatif. Ces évaluations ont pris appui sur les données du réseau de surveillance de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine (réseau référencé 0800000015 – FRJSOP sous ADES) ainsi que sur l'ensemble des données « qualité » disponibles sur ce portail national des eaux souterraines, notamment celles issues des réseaux de contrôle de surveillance (RCS) et de contrôle opérationnel (RCO).

L'évaluation de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine repose sur l'exploitation de chroniques piézométriques incluant 10 ans de suivi environ (2005-2014). 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 ou encore l'impact de l'état quantitatif des masses d'eau souterraines sur les écosystèmes.

L'évaluation de l'état qualitatif se base sur l'exploitation des données analytiques disponibles sur ADES. Pour chaque paramètre et chaque point d'eau, le calcul de la moyenne des moyennes annuelles (*Mma*) a été comparé aux valeurs seuils ou aux normes de qualité de manière à mettre en évidence les dépassements. Ainsi, du point de vue qualitatif, la moitié des masses d'eau apparaît en bon état ; il s'agit des masses d'eau Nord Caraïbes, Sud Caraïbes et Sud Atlantique. Les autres présentent des contaminations étendues aux pesticides organochlorés (surfaces dégradées supérieures à 20%) et doivent faire l'objet d'une enquête appropriée complète (tests AEP, ESO-ESU, ESO-ZH, intrusion saline) afin de pouvoir indiquer si elles doivent être considérées en mauvais état ou non. Le niveau de confiance de cette évaluation de l'état qualitatif est faible compte tenu du manque de connaissance sur les relations nappes-rivières et sur l'impact de l'état qualitatif sur les écosystèmes terrestres associés.

La poursuite du suivi mensuel sur un nouveau cycle hydrologique a permis de vérifier que la structuration des concentrations en pesticides mise en évidence en 2010 se répétait mais aussi d'apprécier les différences existant d'un cycle hydrologique à l'autre.

L'apport de la fréquence mensuelle est d'autant plus intéressant que ces derniers mois les fluctuations de concentrations en pesticides sont plus limitées par rapport aux années précédentes ; il apparaît toujours nécessaire de réaliser ce suivi afin de caractériser et tenter d'expliquer les variations observées lors des analyses semestrielles.

Au regard des nouvelles données disponibles, il est probable que les cycles pluri-annuels des nappes jouent un rôle primordial sur les concentrations en pesticides mesurées dans les eaux. Compte tenu de l'inertie des nappes, la validation de cette hypothèse nécessite cependant une acquisition de données sur le long terme. Ainsi, un seul cycle piézométrique complet a été observé sur la période 2005-2014 sur le site de Chalvet, illustrant la nécessité d'un suivi de longue durée.



## 7. Bibliographie

L. Gourcy, L. Arnaud, A-L. Taïlamé (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

L. Arnaud, 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

M. Senergues, A-L. Taïlamé (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

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

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

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.

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

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

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.,

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

Schultz, T.R., Randall, J.H., Wilson, L.G., Davis, S.N., 1976 – Tracing sewage effluent recharge – Tucson, Arizona. *Groundwater*, 14: 463-470

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

Vittecoq 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.

Vittecoq B., Gourcy L., Baran N., 2007 - Datation des eaux souterraines de Martinique par l'analyse conjointe des CFC, SF<sub>6</sub> et tritium et relation avec les concentrations en nitrates et produits phytosanitaires. Rapport final. BRGM/RP-55844-FR.

Vittecoq 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, 221p.

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.

**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**  
**Moyennes des moyennes annuelles (Mma) et fréquence**  
**de dépassement en % (Freq) pour la masse d'eau Nord**  
**– FRJ201**



# Evaluation de l'état des masses d'eau souterraines de la Martinique – Rapport annuel 2014

## Masse d'eau NORD

Masse d'eau NORD												
Code BSS	Paramètre	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Mma	Freq (%)	
1166zz0026	Bromacil	Moy annuelle	1,755	1,423	0,807	0,569	3,561	0,308	0,842	0,436	1,21	94
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2		
		Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	1	0	0		
	Chlordécone	Moy annuelle	0,406	1,075	5,475	1,494	2,990	0,805	1,020	1,190	1,81	100
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2		
		Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Dieldrine	Moy annuelle	0,083	0,083	0,081	0,031	0,043	0,049	0,066	0,056	0,06	88
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2		
		Nb de résultats < LQ	0	0	0	1	1	0	0	0		
	Métalaxyl	Moy annuelle				0,838	0,180	0,117	0,076	0,023	0,25	100
		Nb de prélèvements	0	0	0	1	2	2	2	2		
		Nb de résultats < LQ				0	0	0	0	0		
Monuron	Moy annuelle	0,108	0,415	0,124	0,195	0,022	0,007	0,006	0,025	0,11	63	
	Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2			
	Nb de résultats < LQ	1	0	1	0	0	1	1	2			
Propiconazole	Moy annuelle	0,993	1,097	1,976	0,994	0,306	0,197	0,283	0,105	0,74	88	
	Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2			
	Nb de résultats < LQ	1	1	0	0	0	0	0	0			
1166zz0019	Beta HCH	Moy annuelle	2,611	1,515	5,512	7,107	3,307	1,444			3,58	91
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	1				
		Nb de résultats < LQ	0	0	1	0	0	0				
	Bromacil	Moy annuelle	1,768	3,050	2,490	3,193	2,358	0,025			2,15	82
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	1				
		Nb de résultats < LQ	1	0	0	0	0	1				
	Chlordécone	Moy annuelle	0,416	0,745	23,180	6,335	12,685	9,610			8,83	91
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	1				
		Nb de résultats < LQ	1	0	0	0	0	0				
	Chlordécone 5B hydro	Moy annuelle			3,162	0,923	1,170	0,830			1,52	100
		Nb de prélèvements			2	2	2	1				
		Nb de résultats < LQ			0	0	0	0				
1166zz0032	Beta HCH	Moy annuelle					0,025	0,454	0,711	0,40	100	
		Nb de prélèvements					1	2	2			
		Nb de résultats < LQ					0	0	0			
	Bromacil	Moy annuelle					0,025	3,040	2,3915	1,82	100	
		Nb de prélèvements					1	2	2			
		Nb de résultats < LQ					0	0	0			
	Chlordécone	Moy annuelle					1,220	2,395	3,135	2,25	100	
		Nb de prélèvements					1	2	2			
		Nb de résultats < LQ					0	0	0			
	Chlordécone 5B hydro	Moy annuelle					0,184	0,299	0,275	0,25	100	
		Nb de prélèvements					1	2	2			
		Nb de résultats < LQ					0	0	0			
1166zz0023	Beta HCH	Moy annuelle	0,091	0,075	0,117	0,175	0,159	0,170	0,268	0,318	0,17	100
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2		
		Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Chlordécone	Moy annuelle	0,217	1,460	8,165	1,613	2,935	3,070	3,450	4,485	3,17	94
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2		
		Nb de résultats < LQ	1	0	0	0	0	0	0	0		
	Chlordécone 5B hydro	Moy annuelle			0,723	0,339	0,296	0,393	0,372	0,405	0,32	100
		Nb de prélèvements	2	0	2	2	2	2	2	2		
		Nb de résultats < LQ			0	0	0	0	0	0		
	Dieldrine	Moy annuelle	0,501	0,374	0,385	0,502	0,640	0,412	0,728	0,417	0,49	94
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2		
		Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	1		
1168zz0054	Asulam	Moy annuelle				0,005	0,005	0,025	0,0605	0,0955	0,04	30
		Nb de prélèvements				2	2	2	2	2		
		Nb de résultats < LQ				2	2	2	1	0		
	Bromacil	Moy annuelle	1,46	1,3545	1,098	0,828	0,448	0,38	0,43	0,187	0,77	100
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2		
		Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Chlordécone	Moy annuelle	0,72	0,324	1,012	0,3595	0,47	0,554	0,375	0,39	0,53	94
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2		
		Nb de résultats < LQ	1	0	0	0	0	0	0	0		
	Dieldrine	Moy annuelle	0,444	0,2485	0,335	0,2295	0,228	0,245	0,202	0,1325	0,26	100
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2		
		Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0		

Rq : Dans les paramètre in-situ, la température est toujours supérieure à la norme

Molécules phytosanitaires



**Annexe 2**

**Moyennes des moyennes annuelles (*Mma*) et fréquence de dépassement en % (*Freq*) pour la masse d'eau Nord Atlantique – FRJ202**



## Masse d'eau NORD ATLANTIQUE

Code BSS	Paramètre	Valeur seuil		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Mma	Freq (%)		
1169zz0006	Arsenic	10 µg/l	Moy annuelle	27,500	40,050	34,765	21,625	15,385	24,495	7,095	12,600	22,94	100		
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	1			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Fer	0,2 mg/l	Moy annuelle	0,355	1,115	1,365	1,108	0,512	1,469	0,034	1,207	0,90	100		
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	1			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Manganèse	50 µg/l	Moy annuelle	195,50	144,00	138,20	159,21	58,500	156,500	84,200	96,000	129,01	100		
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	1			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Beta HCH		Moy annuelle	0,188	0,201	0,101	0,211	0,397	0,077	0,331	0,090	0,20	100		
			Nb de prélèvements	2	2	2	2					1			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0					0			
Chlordécone		Moy annuelle		0,252	1,910	0,584	0,811	0,832	0,957	0,410	0,82	80			
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	1				
		Nb de résultats < LQ	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
1169zz0084	Beta HCH		Moy annuelle	8,718	5,671	8,369	5,872	4,145	3,089	2,990	3,556	5,30	100		
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Chlordécol		Moy annuelle									0,145	0,15	100	
			Nb de prélèvements										2		
			Nb de résultats < LQ										0		
	Chlordécone		Moy annuelle	17,950	24,050	64,150	26,459	30,300	26,500	28,350	24,550	30,29	100		
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Chlordécone 5B hydro		Moy annuelle			1,845	0,786	0,777	0,913	0,354	0,265	0,82	100		
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1174zz0088	Carbendazime		Moy annuelle	0,648	0,064	0,090	0,010	0,030	0,025	0,079	0,068	0,13	63		
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ	0	1	0	2	1	2	0	0	0	0		
	Manganèse	50 µg/l	Moy annuelle	665	490,50	269,80	244,34	166,50	161,03	121,00	42,38	270,07	100		
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1175zz0153	Beta HCH		Moy annuelle			0,017	0,038	0,011	0,019	0,022	0,008	0,02	100		
			Nb de prélèvements			2	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ			0	0	0	0	0	0	0	0		
	Chlordécone		Moy annuelle	2,700	4,805	13,410	3,465	4,455	4,650	4,945	5,225	5,46	100		
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Dieldrine		Moy annuelle			0,010	0,030	0,006	0,005	0,010	0,039	0,02	83		
			Nb de prélèvements			2	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ			0	0	1	1	0	0	0	0		

Rq : Pas de dépassement des paramètres in-situ excepté la température

Molécules inorganiques

Molécules phytosanitaires



**Annexe 3**

**Moyennes des moyennes annuelles (*Mma*) et fréquence de dépassement en % (*Freq*) pour la masse d'eau Nord Caraïbes – FRJ203**



## Masse d'eau NORD CARAIBES

Code BSS	Paramètre	Valeur seuil		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Mma	Freq (%)	
1177zz0161	Manganèse	50 µg/l	Moy annuelle	7	45,9	56,65	191,28					75,21	100	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2							
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0							
	Fer	0,2 mg/l	Moy annuelle	0,03	0,29	3,52	2,47						1,58	87,5
			Nb de prélèvements	2	2	2	2							
			Nb de résultats < LQ	1	0	0	0							
	AMPA		Moy annuelle	0,21	0,29	0,04	0,03						0,28	28,5714
			Nb de prélèvements	2	2	2	1							
			Nb de résultats < LQ	1	1	2	1							
1177zz0177	Manganèse	50 µg/l	Moy annuelle				152,29	192	201,46	194	183	184,45	100	
			Nb de prélèvements				1	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ				0	0	0	0	0			
1172zz0063	Fer	0,2 mg/l	Moy annuelle	10,2	0,33	7,42	6,45	12,11	10,77	5,16	4,28	7,09	100	
			Nb de prélèvements	1	1	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Manganèse	50 µg/l	Moy annuelle	924	644	766,4	666,71	808	968,43	1034	596	800,94	100	
			Nb de prélèvements	1	1	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0			

Rq : pas de dépassement sur les molécules phytosanitaires ni sur les paramètres in-situ excepté la température

**Molécules inorganiques**
**Molécules phytosanitaires**



**Annexe 4**  
**Moyennes des moyennes annuelles (*Mma*) et fréquence**  
**de dépassement en % (*Freq*) pour la masse d'eau**  
**Centre – FRJ204**



## Masse d'eau CENTRE

Code BSS	Paramètre	Valeur seuil		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Mma	Freq (%)	
1175zz0106	Ammonium	0,5 mg/l	Moy annuelle	0,100	1,100	1,160	1,125	0,320	0,610	0,520	0,080	0,63	75	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
			Nb de résultats < LQ	1	0	0	0	1	0	1	1			
	Fer	0,2 mg/l	Moy annuelle	1,170	5,030	0,646	0,853	1,690	3,313	15,638	1,781	3,77	94	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
			Nb de résultats < LQ	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Manganèse	50 µg/l	Moy annuelle	141,500	342,350	104,050	139,055	135,800	198,100	136,550	177,500	171,86	100	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Chlordécone		Moy annuelle	1,055	2,285	6,090	1,352	1,707	2,105	1,825	2,560	2,37	100	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1179zz0070	Fer	0,2 mg/l	Moy annuelle	0,210	0,280	0,304	0,220	0,449	0,248	0,269	0,511	0,31	100	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Manganèse	50 µg/l	Moy annuelle	120,500	73,850	72,350	167,900	89,150	70,140	75,250	83,100	94,03	100	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Chlordécone		Moy annuelle		0,242	0,495	0,294	0,157		0,023	0,028	0,15	50	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
			Nb de résultats < LQ	2	1	1	0	0	2	1	1			
1182zz0160	Conductivité	1100 µS/cm	Moy annuelle	1815	1854	1552	1737	1701	1677	1620	1602	1694,56	100	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Chlorures	250 mg/l	Moy annuelle	458,85	473,70	485,20	470,00	413,50	439,50	395,25	416,80	444,10	100	
			Nb de prélèvements	2	2	1	2	2	2	2	2	2		
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Manganèse	50 µg/l	Moy annuelle	70,000	82,000	72,500	67,850	66,450	69,440	40,850	60,450	66,19	100	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Sodium	200 mg/l	Moy annuelle	272,050	263,900	272,250	261,450	254,050	251,700	239,450	245,800	257,58	100	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Rq : Dépassement de la température sur tous les points et à toutes les campagnes

Paramètres in-situ

Molécules inorganiques

Molécules phytosanitaires



**Annexe 5**

**Moyennes des moyennes annuelles (*Mma*) et fréquence de dépassement en % (*Freq*) pour la masse d'eau Sud Atlantique – FRJ205**



Masse d'eau SUD ATLANTIQUE

Code BSS	Paramètre	Valeur seuil	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Mma	Freq (%)
1186zz0118	Conductivité	Moy annuelle	1459	1854	1552	1737	1475	1126	1555	1563	1540	94
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2		
		Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	1	0	0		
1179zz0228	Chlordécone	Moy annuelle	0,170	0,196	0,720	0,189	0,315	0,436	0,490	0,305	0,35	81
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2		
		Nb de résultats < LQ	1	1	1	0	0	0	0	0		

Rq : Dépassement de la température sur tous les points et à toutes les campagnes

Paramètres in-situ

Molécules inorganiques

Molécules phytosanitaires



**Annexe 6**

**Moyennes des moyennes annuelles (*Mma*) et fréquence de dépassement en % (*Freq*) pour la masse d'eau Sud Caraïbes – FRJ206**



## Masse d'eau SUD CARAIBES

Code BSS	Paramètre	Valeur seuil		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Mma	Freq (%)	
1181zz0132	Conductivité	1100 µS/cm	Moy annuelle	2250	2170	1783	1952	1874	1843	1909	1701	1935	100	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Chlorures	250 mg/l	Moy annuelle	425,4	429,4	370,8	356,0	301,8	311,0	291,0	262,8	343,49	100	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Sodium	200 mg/l	Moy annuelle	297,30	293,55	276,90	267,35	256,35	252,30	242,90	239,60	265,78	100	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0			
1184zz0001	Fer	0,2 mg/l	Moy annuelle	0,170	0,610	0,470	0,372	0,418	0,719	0,475	0,777	0,50	100	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Manganèse	50 µg/l	Moy annuelle	197,50	97,50	81,10	85,21	70,40	57,07	42,45	57,60	86,10	100	
			Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2			
			Nb de résultats < LQ	0	0	0	0	0	0	0	0			
1183zz0052	Chlordécone	Moy annuelle	0,237	1,430	6,340	1,345	1,870	2,775	2,285	2,025	2,29	88		
		Nb de prélèvements	2	2	2	2	2	2	2	2				
		Nb de résultats < LQ	1	1	0	0	0	0	0	0				

Rq : Dépassement de la température sur tous les points et à toutes les campagnes

Paramètres in-situ

Molécules inorganiques

Molécules phytosanitaires





**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin  
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