

Convention de partenariat 2012-2013 relative à une étude des contaminants émergents dans les eaux françaises



Recherche de contaminants organiques dans les eaux souterraines des DOM en 2012- 2013

Rapport final

B. Lopez, A. Laurent, J.P. Ghestem, A. Courbin, N. Croiset, L. Ducreux, C. Lucas, T. Jaouen, A.L. Tailame (BRGM)

Octobre 2013

Document élaboré dans le cadre de :
La Directive Cadre sur l'Eau

- **AUTEURS**

Benjamin LOPEZ Ingénieur hydrogéologue (BRGM), b.lopez@brgm.fr

Alexandra LAURENT, Ingénieur hydrogéologue (BRGM), a.laurent@brgm.fr

Jean-Philippe GHESTEM, Ingénieur chimiste (BRGM), jp.ghestim@brgm.fr

Adélaïde COURBIN, Ingénieur hydrogéologue (BRGM), a.courbin@brgm.fr

Nolwenn CROISET, Ingénieur hydrogéologue (BRGM), n.croiset@brgm.fr

Laure DUCREUX, Ingénieur hydrogéologue (BRGM), l.ducieux@brgm.fr

Cyril LUCAS, Ingénieur hydrogéologue (BRGM), c.lucas@brgm.fr

Timothée JAOUEN, Ingénieur hydrogéologue (BRGM), t.jaouen@brgm.fr

Anne Lise TAILAME, Ingénieur hydrogéologue (BRGM), al.tailame@brgm.fr

- **CORRESPONDANTS**

Onema : Pierre-François STAUB, Pierre-Francois.Staub@onema.fr

Partenaire : Laurence GOURCY, l.gourcy@brgm.fr

Droits d'usage : Accès libre

Niveau géographique : Départemental

Couverture géographique : Départements d'Outre-Mer

Citations locales : Masses d'eau souterraines, cours d'eau

Niveau de lecture : Professionnels, experts

- **RESUME**

Dans le cadre de l' « étude prospective 2012 », initié par la DEB et dont l'ONEMA est maître d'œuvre, l'INERIS, le BRGM et l'IFREMER ont assuré la mise en œuvre technique des opérations. Le BRGM a été spécifiquement sollicité pour mener à bien les tâches qui concernent les eaux souterraines des DOM :

- sélection des molécules à rechercher et des points de prélèvements,
- réalisation des opérations d'échantillonnages,
- analyses chimiques de quelques molécules spécifiques,
- interprétation des résultats.

La sélection des molécules et des points à prélever a été réalisée en 2011. Après proposition de 469 molécules, 191 ont finalement été retenues. 115 sont des phytosanitaires, 61 des substances pharmaceutiques, 12 des substances à usages industriels et 3 des produits de soins corporels. 42 points de prélèvement en eaux souterraines répartis sur les 5 DOM Guyane, Guadeloupe, Martinique, Mayotte et Réunion ont été sélectionnés.

Le BRGM est intervenu en 2012 pour l'échantillonnage des eaux souterraines en Guyane, Martinique, Guadeloupe et Mayotte. A la Réunion, les prélèvements ont été effectués par l'Office de l'eau à l'exception d'une station pour laquelle le prélèvement a été effectué par le BRGM. 2 campagnes de prélèvement ont été réalisées durant l'année 2012 dans les eaux souterraines. La première campagne de prélèvement a été réalisée en avril et juin 2012, et la deuxième campagne entre septembre 2012 et janvier 2013. Les campagnes d'échantillonnage se sont déroulées sans problème majeur.

Les laboratoires du BRGM avec les laboratoires LPTC (Bordeaux) et CNRS (Solaize) ont été chargés de réaliser les analyses des échantillons d'eau souterraine provenant des DOM. Sur les 191 molécules recherchées, 34 ont été analysées par les laboratoires du BRGM. Les contrôles analytiques effectués conformément au cahier des charges établi par le GT Analyse de l'étude prospective n'ont pas mis en évidence d'anomalie sur ces résultats. Les contrôles de stabilité des molécules, effectués en laboratoire dans des conditions contrôlées et sur une durée de 7 jours, ont montré, pour les molécules analysées par le BRGM, une stabilité correcte à l'exception du captane et du folpel qui n'ont pas été retrouvés même après quelques heures.

Les résultats ont été exploités en 2013 par les 3 opérateurs publics qui ont rédigé un rapport commun (Botta et al., 2013).

- **MOTS-CLES : CONTAMINANTS ORGANIQUES, EAUX SOUTERRAINES, DOM**

• SYNTHÈSE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE

Une campagne exceptionnelle d'analyses des substances présentes dans les eaux souterraines a été réalisée en 2011 en métropole. Cet exercice a été complété en 2012-2013 par une étude prospective aux objectifs similaires mais à la démarche différente. Cette étude prospective concerne les cours d'eau et les eaux littorales de la métropole et des DOM d'une part, les eaux souterraines des DOM d'autre part.

Les principaux objectifs de la campagne de 2011 réalisée en métropole et des campagnes 2012-2013 effectuées en DOM sur les molécules organiques présentes dans les eaux souterraines sont :

- acquérir des connaissances, représentatives à l'échelle nationale, sur la présence de « polluants émergents » et,
- disposer de données complémentaires sur les molécules déjà surveillées.

Ces objectifs s'inscrivent dans un contexte de priorisation des substances à surveiller, défini dans divers plans nationaux ou européens, qui sont :

- le plan micropolluants 2010-2013 engagé par le ministère en charge de l'environnement
- le plan national sur les résidus de médicaments dans les eaux (PNRM), publié le 30 mai 2011
- les révisions des programmes de surveillance de l'état des eaux en 2014 (directive cadre sur l'eau 2000/60/CE)
- les dispositions des SDAGE pour la période 2010-2015

Le BRGM, l'INERIS et l'IFREMER avec la DEB et l'ONEMA ont défini un format commun de présentation des résultats des analyses. Cette première exploitation des résultats, essentiellement statistique permet de rendre compte de l'étude réalisée sur les eaux souterraines à grande échelle, i.e l'analyse de 189 molécules émergentes sur 42 points de prélèvement répartis dans les 5 DOM lors de deux campagnes de prélèvement. 15050 analyses ont été réalisées et exploitées. Les résultats clefs à retenir sont :

1- Pour les aspects communs à tous les DOMs:

- 77 molécules ont été quantifiées au moins une fois (40% des molécules recherchées), dont 39 pesticides (soit environ un tiers des pesticides recherchés, et principalement des produits à large spectre d'action interdits ou en passe de l'être : herbicides et insecticides), et 27 pharmaceutiques (soit près de la moitié des pharmaceutiques recherchés, et principalement parmi les analgésiques, anti-inflammatoires et anticonvulsifs).
- 14 molécules ont été retrouvées dans les eaux souterraines des 5 DOM, dont 13 ayant une fréquence de quantification (FQ) supérieure à 25 % . Il s'agit de :
 - o 2 substances phytosanitaires : atrazine et imidaclopride ;
 - o 7 substances pharmaceutiques : ibuprofène, 2-hydroxy-ibuprofène, acide salicylique et composés, paracétamol, carbamazépine, kétoprofène et progestérone ;
 - o 3 substances industrielles ou assimilées : bisphénol A, pentachlorophénol et di-n-butylphtalate (DBP)
 - o 2 substances à usage domestique : triclosan et caféine.
- La comparaison avec la campagne exceptionnelle métropole, dont les analyses ont été réalisées par des laboratoires prestataires, montre que le recours à des laboratoires experts permet un abaissement des LQ d'un ordre de grandeur. Ce gain de sensibilité s'est traduit par une capacité à révéler dans les DOMs un nombre de molécules équivalent à celui de la campagne métropole, malgré un nombre de sites investigués dix fois moindre.
- Quelques normes réglementaires issues de la réglementation européenne montrent que les concentrations de certaines molécules peuvent causer des dommages sur la biodiversité aquatique. Ces molécules doivent être considérées en priorité :
 - o la déséthylatrazine, l'hexazinone et la terbutryne
 - o l'éthinylestradiol et le 17-bêta-estradiol

- la bisphénol A et les perfluorés (PFOS et PFHpA)
- le triclosan

- La distribution géographique des molécules est représentée sur les cartes de l'Annexe 2.

Des tests statistiques ont aussi été réalisés pour tenter de repérer des molécules dont la présence peut être vue comme particulièrement forte pour un DOM au regard des résultats observés dans les autres DOMs (cf. illustration 57). A cet égard un gradient visible a pu être constaté entre des DOMs plus faiblement contaminés (Guyane et Réunion) et d'autres présentant des profils de contamination plus élevés (Martinique et Mayotte). Ces résultats reposent néanmoins sur des effectifs statistiques faibles (4 points seulement à Mayotte), et doivent être pris avec précaution.

Par ailleurs l'analyse des données révèle que le nombre de molécules différentes quantifiées dans les eaux souterraines des DOM est globalement plus important en période sèche qu'en période humide.

L'analyse par types de pressions (urbaines, agricoles, industrielles) a pu montrer que la présence de certaines molécules était bien caractéristique de ces pressions (notamment l'imidaclopride et le métolachlore ESA en contextes agricoles, ou certains perfluorés en contextes industriels).

De manière plus étonnante, le bisphénol A apparaît plus souvent et en concentration plus importante dans les masses d'eau ayant une pression agricole et mixte par rapport aux masses d'eau ayant une pression urbaine. Ces constatations confirment la nécessité de continuer le travail sur la maîtrise des conditions d'échantillonnages pour ces molécules « sensibles ».

D'une façon plus générale vu le caractère émergent de certaines molécules, l'impact de certaines pratiques liées notamment à l'échantillonnage n'est pas encore suffisamment connu et il n'est pas exclu que des contaminations aient pu se produire. C'est pourquoi des réserves sont émises concernant les résultats obtenus sur les concentrations en phtalates, bisphénol A et caféine. Par conséquent il serait intéressant dans le futur de réaliser des études méthodologiques concernant l'impact des opérations d'échantillonnage sur certaines familles de molécules et d'accentuer les contrôles qualité réguliers en parallèle des campagnes de surveillance visant les molécules émergentes les plus sensibles aux contaminations.

Des données nécessaires à une interprétation plus approfondie des résultats ont été récoltées auprès des partenaires du projet telles que les pressions exercées aux points ou dans la littérature ou par la connaissance du contexte local, telle que la géologie et le climat spécifique à chaque DOM. L'aspect géochimique a été également abordé grâce aux analyses des éléments majeurs réalisées dans le cadre de l'étude.

Il est prévu de poursuivre l'interprétation des résultats en valorisant les résultats sur les eaux souterraines de Métropole et DOM dans le cadre d'une convention ONEMA-BRGM en 2014 et en partenariat avec l'INERIS sur l'aspect méthodologique de valorisation des résultats.

Recherche de contaminants organiques dans les eaux souterraines des DOM - synthèse des travaux 2012-2013

Rapport final

BRGM/RP-62810-FR

Octobre 2013

Étude réalisée dans le cadre de la convention Onema - Brgm 2012-2013

**B. Lopez, A. Laurent, J.P. Ghestem, A. Courbin, N. Croiset, L. Ducreux, C. Lucas, T. Jaouen, A.L.
Tailame**

Vérificateur :

Nom : L. Gourcy

Date : 5/11/2013

Signature :



Approbateur :

Nom : N. Dorfliger

Date : 6/11/2013

Signature :



En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

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

Mots-clés : contaminants organiques, eaux souterraines, DOM

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

Lopez B., Laurent A., Ghestem J.P. *et al.* (2013) – Recherche de contaminants organiques dans les eaux souterraines des DOM – Synthèse des travaux 2012-2013. BRGM/RP-62810-FR. 125p, 67 illustrations, 8 annexes

© BRGM, 2013, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM

Sommaire

1. Introduction.....	17
2. Contexte géologique et climatique.....	19
2.1. GUADELOUPE	19
2.2. GUYANE	20
2.3. MARTINIQUE.....	21
2.4. MAYOTTE.....	21
2.5. REUNION.....	22
3. Points de prélèvement.....	25
3.1. GUADELOUPE	25
3.2. GUYANE	27
3.3. MARTINIQUE.....	29
3.4. MAYOTTE.....	31
3.5. REUNION.....	33
4. Opération d'échantillonnage.....	35
4.1. GUADELOUPE	35
4.1.1. Période d'échantillonnage	35
4.1.2. Organisation.....	36
4.1.3. Protocole d'échantillonnage	38
4.1.4. Problèmes rencontrés et éléments de conclusion	39
4.2. GUYANE	40
4.2.1. Période d'échantillonnage	40
4.2.2. Organisation.....	40
4.2.3. Protocole d'échantillonnage	41
4.2.4. Mesures et analyses de terrain.....	43
4.2.5. Problèmes rencontrés et éléments de conclusion	44
4.3. MARTINIQUE.....	44
4.3.1. Période d'échantillonnage	44

4.3.2. Organisation	44
4.3.3. Protocole de prélèvements	46
4.3.4. Problèmes rencontrés et éléments de conclusion.....	46
4.4. MAYOTTE	47
4.4.1. Période d'échantillonnage	47
4.4.2. Protocole d'échantillonnage.....	47
4.4.3. Problèmes rencontrés	51
4.5. LA REUNION	52
4.5.1. Période d'échantillonnage	52
4.5.2. Organisation.....	54
4.5.3. Protocole d'échantillonnage.....	55
4.5.4. Problèmes rencontrés et éléments de conclusion.....	56
5. Analyses effectuées lors de la campagne.....	57
5.1. ANALYSE DES MOLECULES DE LA CAMPAGNE	57
5.1.1. Contexte général	57
5.1.2. Réalisation des analyses et contrôles qualité	58
5.1.3. Difficultés rencontrées par rapport au cahier des charges analytique.	59
5.1.4. Etudes de stabilité.	59
5.2. ANALYSE DES ELEMENTS MAJEURS.....	62
6. Synthèse des paramètres physico-chimiques et ions majeurs dissous.....	63
6.1. GUADELOUPE.....	63
6.2. GUYANE	69
6.3. MARTINIQUE	74
6.4. MAYOTTE	78
6.5. REUNION.....	81
7. Exploitation des résultats d'analyses des contaminants organiques.....	87
7.1. INTRODUCTION DE L'EXPLOITATION.....	87
7.2. EXPLOITATION QUALITATIVE	89
7.2.1. Nombre de résultats validés	89
7.2.2. Nombre de molécules quantifiées/non quantifiées.....	89

7.3. EXPLOITATION QUANTITATIVE.....	94
7.3.1. Fréquence de quantification des molécules et statistiques	94
7.3.2. Comparaison des résultats par rapport à des valeurs de référence.....	96
7.3.3. Analyse des fréquences de dépassement	101
7.3.4. Analyse des degrés de dépassement.....	103
7.4. DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE ET TEMPORELLE DES MOLECULES DANS LES EAUX SOUTERRAINES DES DOM.....	106
7.4.1. Tests statistiques utilisés.....	106
7.4.2. Comparaison des résultats d'analyses entre les DOM	107
7.4.3. Comparaison des résultats entre les campagnes d'échantillonnages...	110
7.5. EXPLOITATION PAR TYPOLOGIE DES AQUIFERES ET DES PRESSIONS	113
7.5.1. Exploitation selon la typologie des aquifères	113
7.5.2. Exploitation selon les pressions aux points de prélèvement	114
7.6. REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE DES RESULTATS PAR DOM....	116
8. Conclusions	119
8.1. REALISATION ET SUIVI DES PRELEVEMENTS	119
8.2. ANALYSE DES ECHANTILLONS D'EAU SOUTERRAINE POUR UNE PARTIE DES MOLECULES DE LA CAMPAGNE ET REALISATION DE CONTROLES DE QUALITE SPECIFIQUES	120
8.3. RECEPTION ET BANCARISATION DES DONNEES	121
8.4. INTERPRETATION DES RESULTATS	121
9. Bibliographie.....	123

Liste des illustrations

Illustration 1 : Liste des rapports relatifs à l'étude des contaminants organiques dans les eaux françaises rédigés par les équipes du BRGM.....	18
illustration 2 : Cumul des précipitations (en mm) sur l'année 2012 en Guadeloupe (Météo France).....	19
illustration 3 : Modèle conceptuel des altérations supergènes en domaine granitique (Wyns, 1999).....	20
illustration 4 : Précipitations moyennes annuelles, MétéoFrance	23
illustration 5 : Points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés en Guadeloupe pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012 (* : point appartenant au réseau RCS DCE).	26
illustration 6 : Localisation des points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés en Guadeloupe pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012	27
illustration 7 : Points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés en Guyane pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012 (* : point appartenant au réseau RCS DCE).	28
illustration 8 : Localisation des points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés en Guyane pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012.	29
illustration 9 : Points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés en Martinique pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012 (* : point appartenant au réseau RCS DCE).	30
illustration 10 : Localisation des points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés en Martinique pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012.	31
illustration 11 : Points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés à Mayotte pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012, ZA = Zone d'Activité (* : point appartenant au réseau RCS DCE).	32
illustration 12 : Localisation des points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés à Mayotte pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012.	32
illustration 13 : Points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés à la Réunion pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012 (ZA = Zone d'Activité ; ANC = Assainissement Non Collectif).	33
illustration 14 : Localisation des points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés à la Réunion pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012.	34
illustration 15 : Conditions météorologiques durant les échantillonnages d'eau souterraine pour la première et la deuxième campagne de Guadeloupe.....	36
illustration 16 : Date de prélèvement et d'envoi des glacières aux différents laboratoires pour la première campagne d'échantillonnage d'eau souterraine de Guadeloupe.....	37

illustration 17 : Date de prélèvement et d'envoi des glacières aux différents laboratoires pour la deuxième campagne d'échantillonnage d'eau souterraine de Guadeloupe	38
illustration 18 : pompe PowerPurge36 24V et survolteur 12/24V (marque SDEC)	39
illustration 19 : Organisation de la première campagne d'échantillonnage d'eau souterraine en Guyane	40
illustration 20 : Organisation de la deuxième campagne d'échantillonnage d'eau souterraine en Guyane	41
illustration 21 : Pompe à bras (Adotian)	42
illustration 22 : Sonde multi-paramètres HANNA 9828	43
illustration 23 : Date de prélèvement et d'envoi des glacières aux différents laboratoires – 1 ^{ère} campagne	45
illustration 24 : Date de prélèvement et d'envoi des glacières aux différents laboratoires – 2 ^{ème} campagne	45
illustration 25 : Matériel utilisé lors des prélèvements	46
illustration 26 : Pompes Twister et Grundfos MP1 utilisées pour la campagne de prélèvement	48
illustration 27 : Tableau récapitulatif des campagnes de prélèvement en eau souterraine pour la campagne exceptionnelle de Mayotte	49
illustration 28 : Etat quantitatif des aquifères réunionnais en juin 2012 (Office de l'eau, Chroniques de l'eau, juillet 2012)	52
illustration 29 : Cumul des précipitations sur 2 jours lors du passage du cyclone « Dumile »	53
illustration 30 : Etat quantitatif des aquifères réunionnais en janvier 2013 (OLE, Chroniques de l'eau, février 2013)	54
illustration 31 : Dates d'échantillonnages et d'expédition des prélèvements d'eau souterraine de La Réunion lors de la 1 ^{ère} campagne de prélèvement	55
illustration 32 : Dates d'échantillonnages et d'expédition des prélèvements d'eau souterraine de La Réunion lors de la 2 ^{ème} campagne de prélèvement	55
illustration 33 : Liste des molécules analysées par les laboratoires du BRGM dans le cadre de l'étude prospective DOM 2012-2013	58
illustration 34 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau souterraine utilisée pour l'étude de stabilité	60
<i>illustration 35 : Résultats des essais de stabilité sur les molécules de l'étude prospective DOM analysées par le BRGM (en gris : niveau de dopage en µg/l) : les résultats sont exprimés en % de recouvrement par rapport à la concentration de dopage</i>	<i>61</i>
illustration 36 : Mesures in situ et analyses des ions majeurs en Guadeloupe (n.m : non mesuré), LQ _{NO3} = 1 mg/L, LQ _{COD} = 0,5 mg/L	65
illustration 37 : Représentation par le diagramme de Piper des analyses en ions majeurs des eaux prélevées en Guadeloupe	67
illustration 38 : Mesures in situ et analyses des ions majeurs en Guyane (n.m : non mesuré),	71

illustration 39 : Représentation par le diagramme de Piper des analyses en ions majeurs des eaux prélevées en Guyane	73
illustration 40 : Mesures in situ et analyses des ions majeurs en Martinique (n.m : non mesuré), LQ _{NO3} = 0,3 mg/L, LQ _{COD} = 0,5 mg/L.....	75
illustration 41 : Représentation par le diagramme de Piper des analyses en ions majeurs des eaux prélevées en Martinique	77
illustration 42 : Mesures in situ et analyses des ions majeurs à Mayotte (n.m : non mesuré), LQ _{NO3} = 0,5 mg/L, LQ _{COD} = 0,5 mg/L.....	79
illustration 43 : Représentation par le diagramme de Piper des analyses en ions majeurs des eaux souterraines prélevées à Mayotte	81
illustration 44 : Mesures in situ et analyses des ions majeurs à la Réunion (n.m : non mesuré), LQ _{COD} = 0,5 mg/L.....	83
illustration 45 : Synthèse des organisations de la campagne exceptionnelle en métropole 2011 et de l'étude prospective dans les DOM 2012.	88
illustration 46 : Récapitulatif du nombre de résultats attendus et acquis lors de l'étude prospective 2012 dans les eaux souterraines des DOM.	89
illustration 47 : Boîtes à moustaches des limites de quantification des molécules non quantifiées (LQ non quanti) et des molécules quantifiées (LQ quanti) dans les eaux souterraines des DOM. La différence entre ces deux échantillons est significative au seuil de 5 % (** p<0,05 ; test de Mann-Whitney, U test).....	90
illustration 48 : Pourcentage de molécules différentes quantifiées en fonction du nombre de points échantillonnés lors de la campagne exceptionnelle 2011 sur tous les points de métropole, en ne considérant que les points de métropole en environnement « artificialisé » et lors de l'étude prospective 2012 sur tous les points des DOM. Les nuages de points ont été ajustés par une loi puissance contrainte à 0 pour l'ordonnée à l'origine.	91
illustration 49 : Nombre de molécules quantifiées et non quantifiées lors de l'étude prospective dans les eaux souterraines des DOM en global considérant l'ensemble des molécules recherchées (ESOU DOM) et par grand type d'usage des molécules (phytosanitaire, pharmaceutique, industriel et domestique).	92
illustration 50 : Proportion de molécules quantifiées au moins une fois par rapport au nombre de molécules recherchées appartenant à la même famille d'usage et par rapport au nombre total de molécules quantifiées au moins une fois lors de l'étude prospective.	93
illustration 51 : Représentation des statistiques descriptives en boîte à moustache des molécules ayant une FQ > 25 %. Les limites inférieures et supérieures des « boîtes » correspondent aux 1 ^{er} et 3 ^{ème} quartiles respectivement (Q1 et Q3). Les limites inférieures et supérieures des « moustaches » correspondent à Q1 - [1,5 x(Q3-Q1)] et Q3 + [1,5x(Q3-Q1)] respectivement.....	95
illustration 52 : Molécules ayant dépassé soit une valeur seuil réglementaire, soit le seuil de préoccupation 0,1 µg/L, soit la PNEC eau ; fréquences et degré de dépassement associés. LQ : limite de quantification ; do. : domestique ; Norme inf. : norme réglementaire la plus basse ; FD norme : fréquence de dépassement de la norme réglementaire la plus basse ; FD 0,1µg/L :	

	fréquence de dépassement du seuil de préoccupation 0,1 µg/L ; FD PNEC : fréquence de dépassement de la PNEC eau ; DD95 : degré de dépassement par la MEC95 et DDµ : degré de dépassement par la moyenne de la norme la plus basse (norme) ou de la PNEC (PNEC). ^a source directive fille ESO 2006/118/CE ; ^b source NQE directive 2013/39/UE ; ^c degré de dépassement du seuil de préoccupation 0,1 µg/L. En rouge sont les LQ ≥ Norme inf. ; en orange sont les LQ ≥ PNEC eau.	99
illustration 53 :	Fréquences de dépassement de la valeur réglementaire la plus basse (FD norme), du seuil de préoccupation 0,1 µg/L (FD 0,1µg/L) et de la PNEC eau (FD PNEC) des molécules dont les concentrations ont dépassée au moins une fois une de ces valeurs de référence lors de l'étude prospective 2012 dans les eaux souterraines des DOM.	101
illustration 54 :	Degrés de dépassement de la valeur réglementaire la plus basse par la MEC 95 (DD95 norme) et par la moyenne des concentrations (DDµ norme) et degrés de dépassement de la PNEC eau par la MEC 95 (DD95 PNEC) et par la moyenne des concentrations (DDµ PNEC) des molécules dont les concentrations ont dépassée au moins une fois une de ces valeurs de référence lors de l'étude prospective 2012 dans les eaux souterraines des DOM.	104
illustration 55 :	Fréquence cumulée du nombre de points de prélèvement en fonction du nombre de molécules quantifiées sur au moins une des deux campagnes avec exemples de valeurs pouvant être déduites de la lecture du graphique.....	106
illustration 56 :	Fréquences cumulées du nombre de points de prélèvements en fonction du nombre de molécules quantifiées sur au moins une des deux campagnes pour la totalité des points (en noir) et pour chaque DOM séparément.	107
illustration 57 :	Liste des molécules présentant des différences de concentrations significatives entre les DOM. [‡] : concentrations significativement plus faibles et [§] : concentrations significativement plus élevées (P<0,05 ; test de Kruskal-Wallis et test de Conover-Iman avec niveau de signification corrigé de Bonferroni 0,005).....	109
illustration 58 :	Date de réalisation des campagnes de prélèvement dans chacun des DOM et état basses eaux (BE) / hautes eaux (HE) correspondant.....	110
illustration 59 :	Fréquence cumulée du nombre de points de prélèvements en fonction du nombre de molécules quantifiées lors la première campagne en basses eaux (en rouge) et en hautes eaux (en bleu).	111
illustration 60 :	Fréquences de quantification des molécules qui présentent des différences de concentrations significatives entre les périodes basses eaux (BE) et hautes eaux (HE) (P-value < 0,05 ; test de test de Mann-Whitney).....	112
illustration 61 :	Représentation en boîte à moustaches des concentrations des 12 molécules qui montrent des différences significatives entre les échantillons prélevés en basses eaux (BE) et en hautes eaux (HE). Para : paracétamol ; Ibu : ibuprofène ; Carb : carbamazépine ; Diclo : diclofenac ; Test : testostérone ; Prog : progestérone ; Estr : estrone ; 3Clo : triclosan ; BBP : benzylbutylphthalate ; Azox : azoxystrobine ; Crbe : carbendazime ; Caf : caféine. (p-value < 0,05 ; test de Mann-Whitney).....	112

illustration 62 : Fréquence cumulée du nombre de points de prélèvements en fonction du nombre de molécules quantifiées pour les différentes typologie d'aquifères.....	114
illustration 63 : Fréquence cumulée du nombre de points de prélèvements en fonction du nombre de molécules quantifiées pour les différentes pressions s'exerçant au point d'eau.....	115
illustration 64 : Liste des molécules présentant des différences de concentrations significatives selon le type de pression identifié au point de prélèvement. [¶] : concentrations significativement plus faibles et [§] : concentrations significativement plus élevées (P<0,05 ; test de Kruskal-Wallis et test de Conover-Iman avec niveau de signification corrigé de Bonferroni 0,005).	116

Liste des annexes

Annexe 1 Photos des points de prélèvement.....	127
Annexe 2 Cartographie des molécules par famille d'usage et par DOM	131
Annexe 3 Liste des points DOM en eaux souterraines échantillonnés lors de l'étude prospective 2012.....	162
Annexe 4 Liste des molécules recherchées en 2012 dans les eaux souterraines des DOM ..	165
Annexe 5 Liste des molécules recherchées et jamais quantifiées dans les eaux souterraines des DOM lors de l'étude prospective 2012	171
Annexe 6 Liste des molécules recherchées et quantifiées au moins une fois dans les eaux souterraines des DOM lors de l'étude prospective 2012	177
Annexe 7 Fréquences de quantification et statistiques descriptives des concentrations en molécules quantifiées au moins une fois dans les eaux souterraines des DOM lors de l'étude prospective 2012.....	181
Annexe 8 Comparaison des fréquences de quantification des molécules quantifiées dans les eaux souterraines par DOM	185

1. Introduction

Dans la perspective de la révision des programmes de surveillance à l'horizon 2014, l'acquisition de connaissances sur des molécules qui sont aujourd'hui peu ou pas surveillées est nécessaire. L'évolution récente de la réglementation et notamment l'établissement de listes de substances dangereuses pour les eaux de surface (directives NQE 2008/105/CE et 2013/39/CE) comme pour les eaux souterraines (arrêté du 17 juillet 2009) renforce ce constat. Enfin, de nouveaux contaminants apparaissent et la question du niveau de contamination des eaux souterraines par ces nouveaux polluants se pose (notamment pour les résidus de médicaments).

Dans ce contexte la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB) du Ministère de l'Ecologie du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) a souhaité qu'une campagne exceptionnelle d'analyses des substances présentes dans les eaux souterraines soit menée. Dans un premier temps cette campagne a concerné les eaux souterraines de métropole.

En 2010, dans le cadre des conventions DEB-BRGM et ONEMA-BRGM, le BRGM a apporté un appui technique à la DEB pour l'organisation de cette campagne. La contribution du BRGM a porté sur :

- la sélection des molécules à analyser,
- la présélection des sites de surveillance,
- les prescriptions pour les opérations de prélèvements et d'analyses y compris un appui direct à l'AERM&C pour la rédaction du marché d'analyses (en concertation avec Aquaref et INERIS).

Les campagnes de prélèvements en France métropolitaine ont eu lieu au printemps et à l'automne 2011. Les eaux de 494 points ont été prélevées. Trois types de molécules ont été analysés (correspondant à 3 lots différents du marché) par deux laboratoires (IPL et CARSO) :

- des produits phytopharmaceutiques et leurs métabolites,
- des substances émergentes (dont certains résidus de médicaments),
- une sélection des substances dangereuses au titre de l'arrêté du 17 juillet 2009.

En 2011, les principaux objectifs de la campagne réalisée en métropole et des campagnes 2012-2013 effectuées en DOM sur les molécules organiques présentes dans les eaux souterraines sont :

- acquérir des connaissances, représentatives à l'échelle nationale, sur la présence de « polluants émergents » et,
- disposer de données complémentaires sur les molécules déjà surveillées.

La sélection des points de prélèvements a été confiée aux directions régionales du BRGM dans les DOM en concertation avec les Offices de l'eau (ODE) et les Directions de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DEAL). Ces points sont, dans la mesure du possible, représentatifs des pressions principales de chacun des DOM. 42 points au total seront prélevés dans les DOM pour cette étude prospective.

En 2012 et 2013, dans le cadre de la « Convention de partenariat 2012-2013 relative à une étude des contaminants émergents dans les eaux françaises » signée entre le BRGM et l'ONEMA, le BRGM réalise :

- certains prélèvements en eau souterraine et en eau de surface dans les DOM
- l'analyse de certaines molécules pour les campagnes eaux souterraines DOM
- l'interprétation des données relatives aux eaux souterraines.

Le BRGM réalise principalement les opérations d'échantillonnage en eau souterraine. Cependant, exceptionnellement et pour des raisons spécifiques aux contextes locaux, le BRGM intervient, à la demande des Offices de l'eau et DEAL dans le cadre des prélèvements des eaux superficielles continentales à Mayotte et en Guyane.

Pour les eaux souterraines, deux campagnes (hautes et basses eaux) sont programmées en 2012 pour Mayotte, Martinique, Guadeloupe et Guyane et en 2012 et 2013 pour la Réunion. Pour les eaux de surface, 3 campagnes sont prévues sur une période d'environ 6 mois.

Les rapports des divers travaux effectués par le BRGM dans le cadre de la préparation, réalisation et discussion des résultats des diverses campagnes ayant pour objectif une meilleure connaissance des contaminants organiques dans les eaux souterraines sont listés dans l'illustration 1.

Rapports relatifs aux travaux de la campagne 2011 en Métropole
<p>Blum A., Allier D., Ghestem J.P., Lopez B, Moly F. (2011), Campagne exceptionnelle d'analyse de substances présentes dans les eaux souterraines en 2011. Contribution à la sélection des substances à analyser et au choix des points. BRGM/RP-59135-FR.</p> <p>Bristeau S., Ghestem J.P. (à paraître) Campagne exceptionnelle d'analyse des substances émergentes dans les eaux souterraines de métropole : bilan de contrôles de qualité analytiques. Rapport final BRGM/RP-61886-FR, 108p.</p> <p>Lopez B., Laurent A., (2013) Campagne exceptionnelle d'analyse des substances présentes dans les eaux souterraines de métropole. Rapport final. BRGM/RP-61853-FR</p>
Rapports écrits relatifs aux travaux des campagnes 2012-2013 dans les DOM
<p>Croiset N., Lopez B., Surdyk N., Blum A., Dumon A., Arnaud L., Jaouen T., Parizot M., Aunay B., Petit V. (2012) - Campagne exceptionnelle d'analyses des substances présentes dans les eaux souterraines dans les DOM. Contribution au cahier des charges technique. Rapport final BRGM/RP-61146-FR ; 87p.</p> <p>Courbin A., Ducreux L., Lucas C., Jaouen T., Ghestem J.P., Lopez B., Tailame AL. (2012) – Etude prospective 2012-2013 : Opérations d'échantillonnage et d'analyses et premiers résultats relatifs aux eaux souterraines des DOM. Rapport intermédiaire. BRGM/RP-61764-FR.82 p., 15 fig., 23 tabl.</p> <p>Botta F., Dulio V., Lopez B., et al (2013) - Rapport d'exploitation des données de l'étude prospective 2012. Rapport Onema. A paraître</p>

Illustration 1 : Liste des rapports relatifs à l'étude des contaminants organiques dans les eaux françaises rédigés par les équipes du BRGM

Le présent rapport est rédigé dans le cadre de la convention ONEMA-BRGM relative « à une étude des contaminants émergents dans les eaux françaises ». Ce rapport constitue une synthèse de la contribution du BRGM pour l'étude prospective 2012-2013 réalisées dans les DOM.

2. Contexte géologique et climatique

2.1. GUADELOUPE

La Grande-Terre et Marie-Galante appartiennent à l'arc externe des Antilles (ou arc éteint), constitué de terrasses calcaires subhorizontales d'origine marine, datant du Plio-Pléistocène. La Basse-Terre appartient à l'arc interne des Antilles (ou arc actif), constitué de formations volcaniques récentes et de leurs produits de démantèlement (Bourdon et Chiozzoto, 2012).

La forte variabilité spatiale et temporelle du régime des précipitations (illustration 2), imposée par la morphologie des îles, l'échelle et la fréquence des perturbations atmosphériques, constitue la principale particularité du climat tropical, humide et insulaire de la Guadeloupe. Globalement deux périodes principales se distinguent sur l'année :

- la période de " carême " (saison sèche) entre décembre et avril, avril étant généralement le mois des prélèvements (basses-eaux)
- la période " d'hivernage " (saison humide) entre mai et novembre, octobre étant généralement le mois des prélèvements (hautes-eaux).

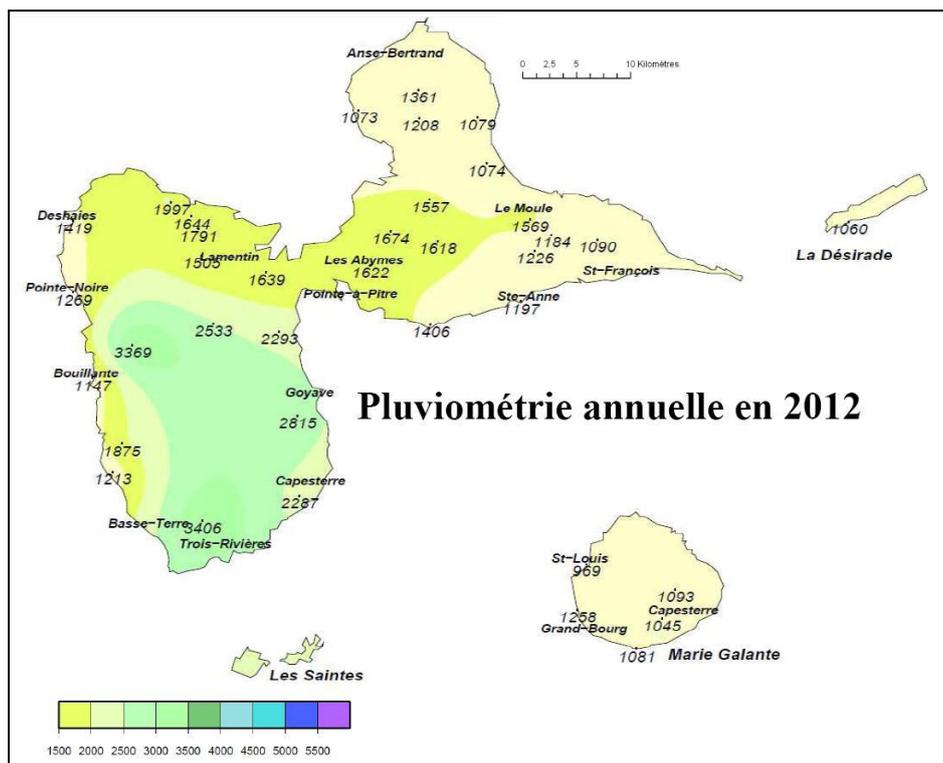


illustration 2 : Cumul des précipitations (en mm) sur l'année 2012 en Guadeloupe (Météo France)

2.2. GUYANE

La Guyane française fait partie d'un ensemble beaucoup plus vaste appelé le Bouclier Guyanais. Les terrains précambriens qui le constituent plongent :

- vers l'ouest et le nord-ouest, sous des dépôts provenant de l'érosion de la chaîne des Andes, vastes plaines appelées " llanos " ;
- vers le sud, sous les formations en grande partie paléozoïques qui comblent la dépression de l'Amazonie ;
- vers le nord et nord-est, le long de la façade atlantique, sous les dépôts tertiaires et quaternaires d'origine marine ou deltaïque.

Les roches anciennes, pour la plupart granitiques, de la région côtière sont recouvertes, en transgression, de terrains marins tertiaires et quaternaires dont l'épaisseur peut dépasser 100 m dans la partie nord-ouest du pays. Les observations de surface permettent de les diviser en plusieurs séries : sables et graviers de la série subcontinentale de base, surmontés par les argiles et sables de la série de Cosvine, recouverts à leur tour par les argiles de la série de Demerara (Baisset, 2012).

Les types de réservoirs disponibles en Guyane sont les aquifères sédimentaires et les aquifères de socle, ceux-ci sont caractérisés par des systèmes bicouches (illustration 3), avec des fonctions capacitives dans les horizons supérieurs et des fonctions conductives dans les horizons plus profonds.

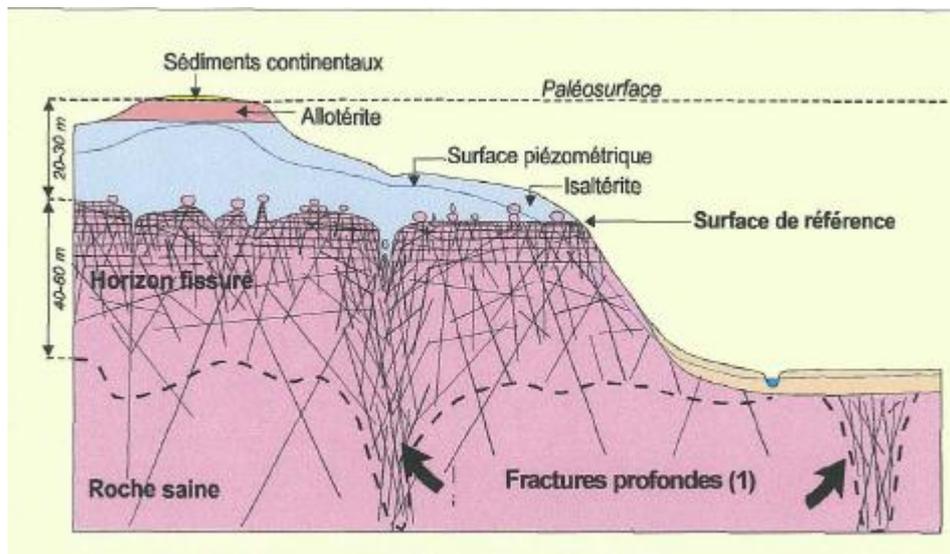


illustration 3 : Modèle conceptuel des altérations supergènes en domaine granitique (Wyns, 1999)

La Guyane bénéficie d'un climat de type équatorial humide. Deux grandes saisons se distinguent, la saison sèche (août à novembre/décembre) et la saison des pluies (avril à juillet), ainsi que deux petites saisons, le « petit été de mars » et une petite saison des pluies en janvier/février. Le climat est caractérisé par un régime thermique élevé de faible amplitude et un contraste pluviométrique bien marqué entre saison sèche et saison des pluies. La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 2000 et 4000 mm. La température moyenne subit de très faibles variations autour de 26°C (Perbet, 2011).

2.3. MARTINIQUE

La Martinique appartient à l'archipel des petites Antilles, c'est à son niveau que les deux arcs antillais commencent à se différencier. L'arc ancien (ou arc externe) constitué de formations volcaniques, volcano-sédimentaires et sédimentaires affleure à l'est de l'île. L'arc récent (ou arc interne actif), constitué d'édifices volcaniques important tel que la Montagne Pelée, les Pitons du Carbet et les massifs du Diamant, jalonne la moitié ouest de l'île (Stollsteiner et al., 2000).

Le climat de la Martinique est de type tropical maritime. L'air y est chaud et humide. Les précipitations présentent une forte variabilité spatiale et temporelle. Globalement deux périodes principales se distinguent sur l'année :

- la période de " carême " (saison sèche) entre décembre et avril, avril étant généralement le mois des prélèvements (basses-eaux)
- la période " d'hivernage " (saison humide) entre mai et novembre, octobre étant généralement le mois des prélèvements (hautes-eaux)

D'après l'observatoire de l'eau de la Martinique, trois grands types de climats sont distingués, liés aux domaines pluviométriques :

- un climat très humide (> 4 000 mm/an) : sur les massifs du Nord de l'île (montagne Pelée, Pitons du Carbet, plateau du Morne Rouge, cuvette de Champflore et les grands mornes alentour). Il tombe en moyenne 10 000 mm/an sur la montagne Pelée.
- un climat sec (< 2 000 mm/an) : pour toute la côte Sud, la côte Sud-Est jusqu'à la presqu'île de la Caravelle, la côte sous le vent ;
- un climat intermédiaire (2 000 - 3 500 mm/an) : régions centrales de l'île et portion Nord-Atlantique de la côte au vent.

2.4. MAYOTTE

D'une superficie de 374 km², Mayotte comprend deux îles principales, Grande Terre et Petite Terre, entourés de plusieurs îlots.

La géologie de Mayotte est caractérisée par deux éléments clés. Le premier est la quasi omniprésence de formations volcaniques, majoritairement constituées de laves de type basaltique. Le second est une altération importante, ayant affecté les formations volcaniques jusqu'à plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, qui marque fortement le paysage de l'île. Les formations sédimentaires sont limitées au récif et à quelques plaines côtières (Jaouen et al., 2012)

Le climat est de type tropical, chaud, humide et maritime. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 25°C. Le climat est caractérisé par l'alternance de deux saisons, sèche de mai à octobre et saison des pluies de novembre à avril. Les précipitations moyennes interannuelles sont comprises entre 1000 et 1100 mm, au sud-est de la Grande Terre et sur l'île de Padmandzi, et plus de 2000 mm sur les reliefs au nord. Des cyclones peuvent affecter l'île pendant la saison humide avec des pluies de très forte intensité qui contribuent à une forte variabilité du signal pluviométrique.

2.5. REUNION

L'île de la Réunion, dont le point culminant se situe à 3069 m, a une superficie de 2513 km². L'île est la partie émergente d'un énorme strato-volcan (7000 m de hauteur) posé sur le plancher de l'océan Indien. L'île est formée de deux cônes basaltiques. Le plus ancien, (et principal), le Piton des Neiges, s'est construit, pour sa partie aérienne entre 2 millions d'années et 20 000 ans. L'érosion a rapidement creusé, dans le centre du massif, trois cirques coalescents de 1000 à 2000 m, larges de 10 km environ chacun (cirques de Salazie, Mafate et Cilaos). L'érosion a également profondément creusé les flancs de ce volcan jusqu'à la mer (ravines en gorge, mini-cirques). Le plus récent, le Piton de la Fournaise, (2631 m) a commencé à se développer sur le flanc sud-est du Piton des Neiges, il a 350 000 ans, et reste actif. Ce volcan récent est déjà profondément marqué par l'érosion, particulièrement le long de ses structures volcaniques (calderas).

Le littoral reçoit localement des matériaux alluvionnaires :

- par les principales rivières, et en particulier à l'exutoire des 3 cirques (plaines alluviales du Gol, de Saint-Paul, Plaine des Galets, baie de Saint-Denis, cône alluvial de la rivière du Mât) ou
- par des plaines d'accumulation de matériaux détritiques en arrière d'une protection récifale (la saline-Saint-Gilles).

Ailleurs, le littoral est marqué par des petites falaises mortes ou vives pouvant atteindre jusqu'à 200 m de hauteur.

Dans ces deux massifs l'érosion a creusé jusqu'au niveau de base. Ces deux volcans sont formés par un empilement en sandwich constitué par une alternance lave-scories, compartimenté par des dykes, dont le pendage est de 5 à 18° vers la mer. Entre les deux volcans où les séries s'interpénètrent ce pendage est moindre (Stieltjes, 1985).

Le climat de l'île est tropical humide à deux saisons : saison chaude et humide de novembre à avril, saison fraîche et sèche de mai à octobre. Les précipitations sont très variables, à la fois dans le temps et l'espace, marquées par des moyennes annuelles inférieures à 1 m sur la côte ouest, supérieures à 12 m sur l'est du massif du Piton de la Fournaise (illustration 4).

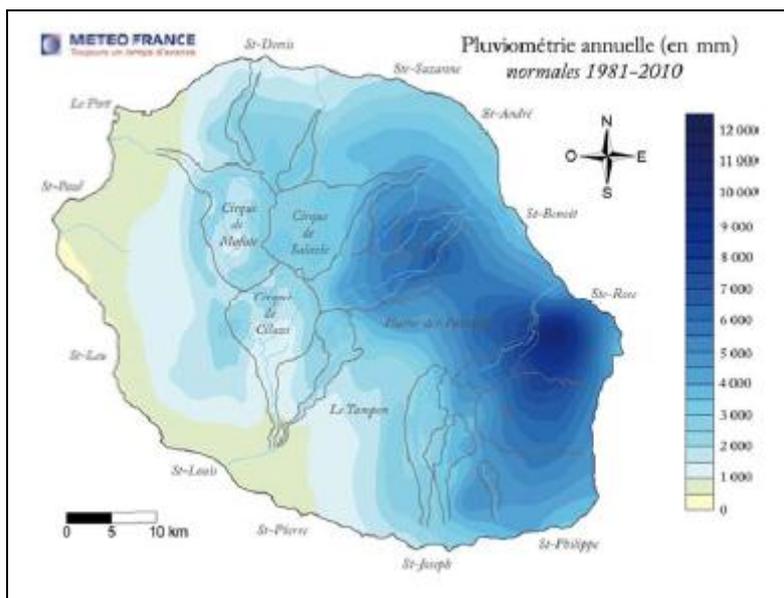


illustration 4 : Précipitations moyennes annuelles, MétéoFrance

3. Points de prélèvement

Cette partie reprend le chapitre 3 « sélection des points de prélèvement » du rapport précédant (Croiset et al., 2012). Quelques corrections ont été apportées, la modification d'un code BSS à la Réunion, l'ajout d'un point de prélèvement en Guyane et un à Mayotte. Les eaux de ces deux points ont été prélevées lors de la deuxième campagne de prélèvement. Ils remplacent deux points de la première campagne de prélèvement.

Les points de prélèvement sont nommés de différentes façons, par :

- Le code BSS
- Le nom (ou lieu-dit) de l'ouvrage
- Le code du point de prélèvement défini pour l'étude prospective par les différents partenaires sous la forme : **PtDomXX**, avec Pt : point, DOM : 3 premiers caractères du DOM considéré, XX : chiffres incrémentés.

Les tableaux présentés dans cette partie reprennent, pour chaque DOM, les libellés et codes utilisés pour les points de prélèvement.

Les délimitations des masses d'eau souterraine utilisées dans cette partie s'appuient sur le référentiel des masses d'eau souterraine version 2010 (annexé au SDAGE 2010-2015), en vigueur lors de la présente étude. A Mayotte, les masses d'eau souterraine n'ont été définies que dans la nouvelle version du référentiel élaborée en 2013 et non encore officialisée lors de la rédaction de ce rapport.

3.1. GUADELOUPE

10 points ont été sélectionnés en Guadeloupe (illustration 5) afin de respecter le cadrage de 40 points fixés par la DEB et d'assurer une équité entre les 5 DOM. Un dixième point optionnel a été identifié dans l'alternative d'un recadrage.

Code Point de prélèvement	Nom	Indice BSS	Commune	Type de point	Réseau qualité	P° au point	Activité	Pollution connue
PtGua05	CSDU St Rose	1137ZZ0027	Sainte Rose	Piézomètre	Non	Urbaine	Ancienne décharge	
PtGua03	BELLE-TERRE	1158ZZ0125	Gourbeyre	Source	Oui	Agricole/ Urbaine	Habitat Route Cultures	Phyto
PtGua09	LA PLAINE	1159ZZ0027	Trois rivières	Source	Oui*	Agricole	Banane	Phyto
PtGua10	CHARROPIN	1135ZZ0069	Petit Canal	Forage	Oui*	Agricole	Canne à sucre	Phyto
PtGua04	AUDOIN	1142ZZ0030	Le Moule	Forage	Non	Indus.	Sucrerie	
PtGua06	JABRUN	1140ZZ0011	Morne à l'Eau	Puits	Oui	Urbaine	Habitat	
PtGua01	DUCHAS-SAING	1141ZZ0019	Le Moule	Forage	Oui*	Agricole	Canne à sucre Maraîchage	NO3/ Phyto
PtGua02	Centrale Thermique EDF	1147ZZ1589	Baie-Malhault	Piezo Industriel	Non	Indus.	Centrale thermique	
PtGua07	SOURCES 2	1160ZZ0011	Saint Louis	Forage	Oui*	Agricole	Canne à sucre	Phyto
PtGua08	ETANG NOIR	1161ZZ0002	Capesterre de Marie-Galante	Forage	Oui	Urbaine	Habitat	Mercure

illustration 5 : Points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés en Guadeloupe pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012 (: point appartenant au réseau RCS DCE).*

Le choix des sites tient compte de l'existence de pressions anthropiques (urbaines, agricoles et industrielles) à proximité des points à prélever ainsi que de leur répartition sur les masses d'eau de Guadeloupe. Les points sélectionnés sont localisés sur l'illustration 6.

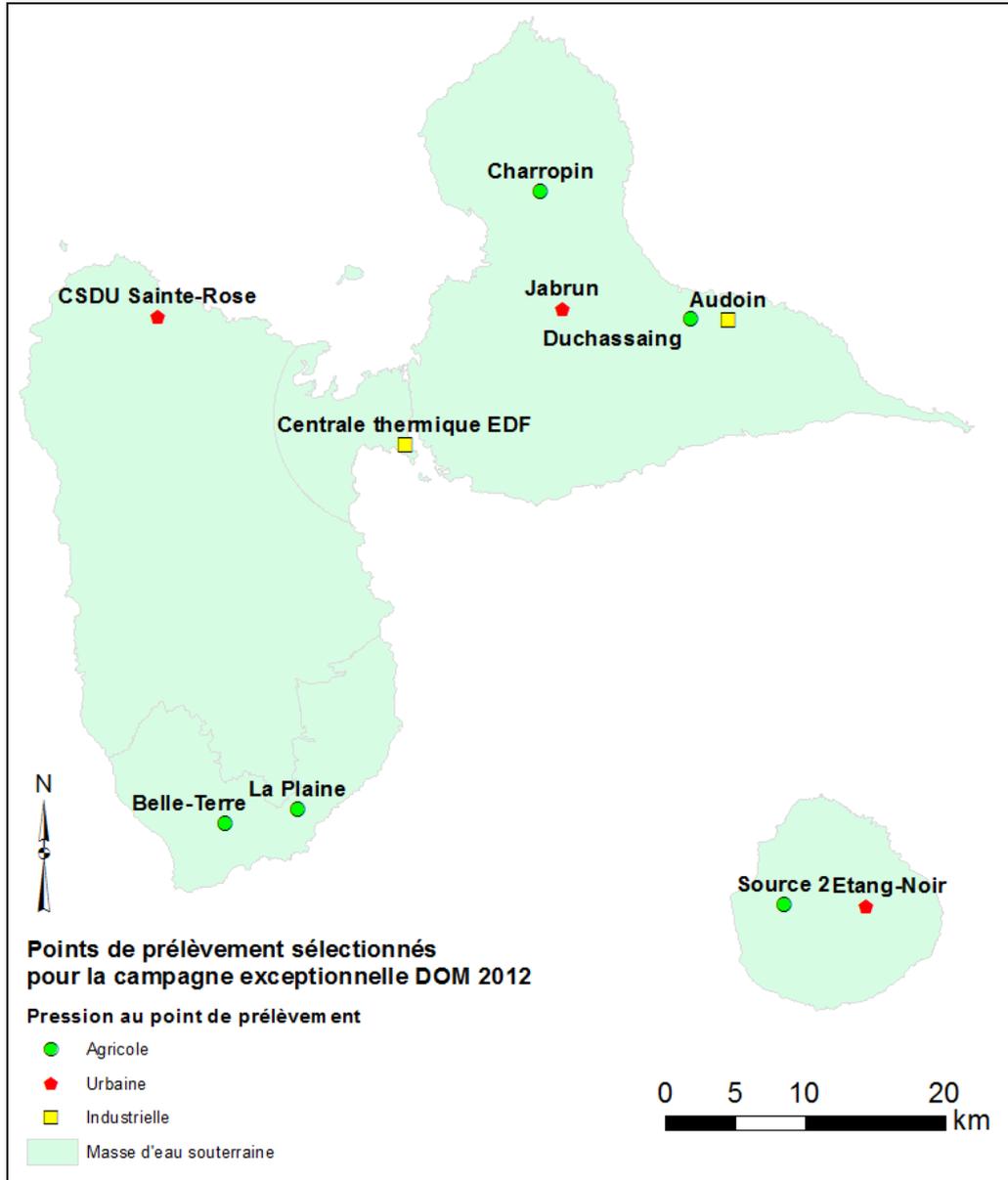


illustration 6 : Localisation des points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés en Guadeloupe pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012

3.2. GUYANE

10 points de prélèvements en eaux souterraines ont été sélectionnés en Guyane. Les points à influence « anthropique » possible ont été privilégiés avec notamment une série de points sélectionnés le long du fleuve Maroni en limite ouest du pays. Ces forages constituent généralement des captages d'alimentation en eau potable pour des villages et des bourgs localisés en bordure du fleuve. Un point potentiellement soumis à une pression agricole est sélectionné au nord-ouest de la Guyane alors que le contexte industriel est représenté par un point de prélèvement sélectionné proche du centre aéronautique de Kourou. La liste des points sélectionnés est présentée dans l'illustration 7, leur localisation sur le territoire guyanais est reportée sur l'illustration 8.

Code Point de prélèvement	Nom	Indice BSS	Commune	Type de point	Réseau qualité	P° au point	Activité
PtGuy01	Grand Santi	1199A80002	AEP Grand Santi	Forage profond (62 m)	Oui	Anthropique	Gros bourg sur le Maroni - aval
PtGuy02	Maripasoula	1205D60001	AEP Maripasoula	Forage profond (66,8 m)	Oui*	Anthropique	Gros bourg sur le Maroni - amont
PtGuy03	Sparouine	1189A90004	Saint-Laurent du Maroni	PMH (10,5 m)	Oui	Anthropique	Petit village sur le Maroni - aval
PtGuy04	Adotian	1193C70004	Grand Santi	PMH (7,7 m)	Oui	Anthropique	Petit village sur le Maroni - amont
PtGuy05	AEP Camopi	1215C20002	Camopi	Forage (18,2 m)	Oui*	Anthropique	Gros bourg sur l'Oyapock
PtGuy06	Acarouany	1188A60058	Mana	Forage (23 m)	Non	Agricole	Agricole
PtGuy07	Piézo Vieux Chemin	1197A60060	Rémire-Montjoly	Forage (14,5 m)	Oui*	Urbaine	Zone urbanisée
PtGuy08	Puits privé	1197A30445	Cayenne	Puits (< 5 m)	Non	Urbaine	Zone urbanisée
PtGuy08b	Arago	1197A30446	Cayenne	Puits	Non	Urbaine	Zone urbanisée
PtGuy09	Station compostage	1197A60180	Matoury	Forage (12,65 m)	Non	Urbaine	Proche zone urbanisée
PtGuy10	P1 - SARA - Kourou	1192D50083	Kourou	Forage (8,5 m)	Non	Industrielle/ Urbaine	Dépôt de carburant

illustration 7 : Points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés en Guyane pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012 (: point appartenant au réseau RCS DCE).*

Le prélèvement effectué dans le puits privé de Cayenne (1197A30445) de la première campagne n'a pas pu être réalisé lors de la deuxième campagne. Il a été réalisé sur un autre puits de Cayenne (1197A30446).

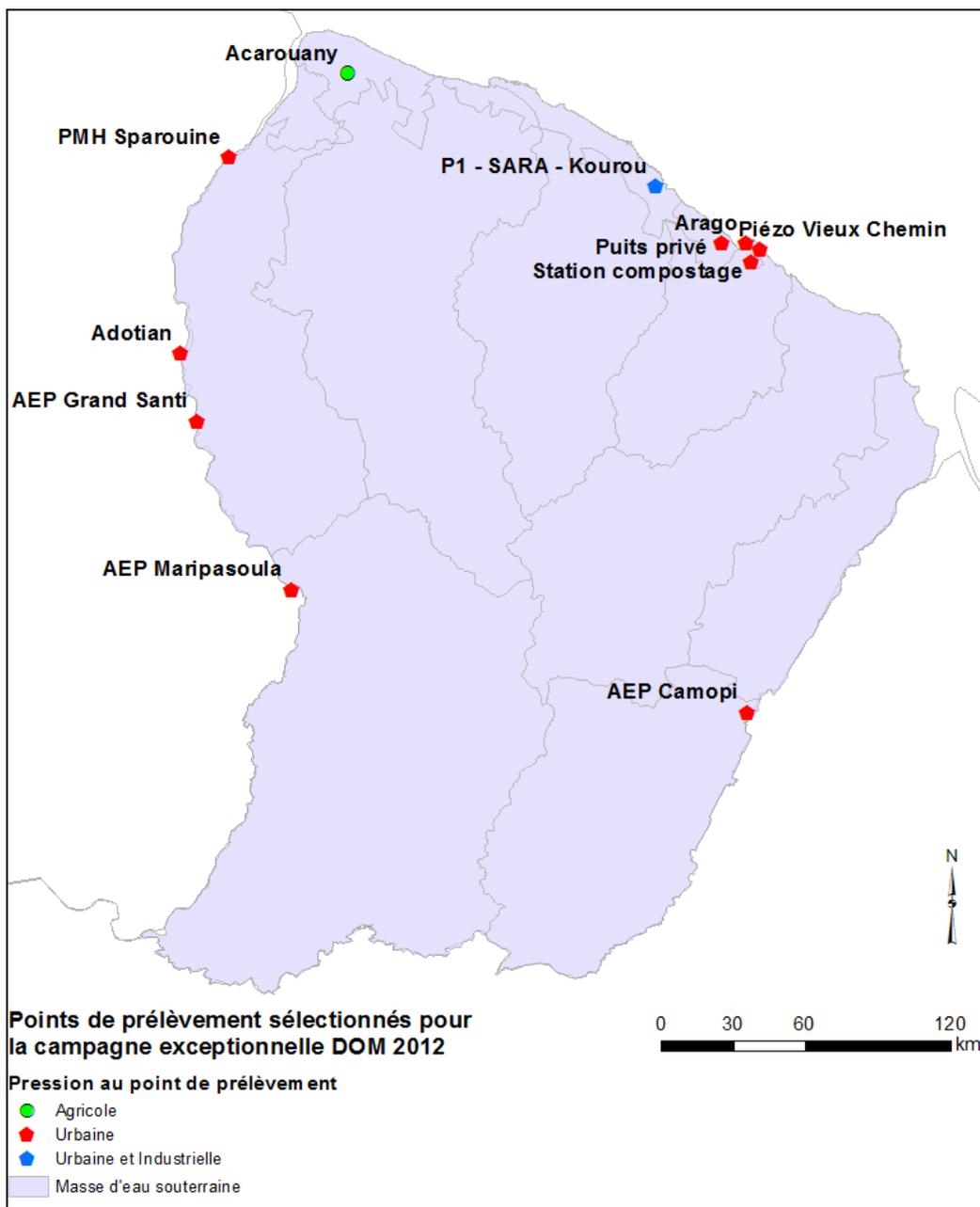


illustration 8 : Localisation des points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés en Guyane pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012.

3.3. MARTINIQUE

En Martinique, la sélection des points a été réalisée en concertation avec l'ODE (Office de l'eau) et la DEAL (Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement) avec l'objectif de considérer les différents types de pression représentée sur l'île. Les principales pressions agricoles sont bien couvertes par le réseau DCE (sélection de 4 points) alors que pour les pressions urbaines et industrielles, le BRGM s'est chargé d'identifier des forages et des sources (sélection de 5 points), de procéder à des reconnaissances terrain et de demander les autorisations aux propriétaires le cas échéant. A chaque étape, les propositions/modifications de choix ont été validées par l'ODE et la DEAL.

La liste des points ainsi sélectionnés est reportée dans l'illustration 9, leur localisation étant présentée sur l'illustration 10.

Code Point de prélèvement	Nom	Indice BSS	Commune	Type de point	Réseau qualité	P° au point	Activité
PtMar02	Place d'Armes	1179ZZ0202	Lamentin	Forage	Oui	Urbaine / Industrielle	
PtMar05	Fougainville	1183ZZ0052	Rivière-Pilote	Forage	Oui*	Agricole / Industrielle	Cannes, élevage, maraîchage / Distillerie
PtMar03	La Meynard	1178ZZ2018	Fort-de-France	Source	Non	Urbaine	Hôpital
PtMar09	Morne Pitault	1179ZZ0282	Lamentin	Source	Oui	Urbaine	
PtMar08	Chez Lélène	1168ZZ0054	Basse Pointe	Forage	Oui	Agricole	
PtMar07	Chalvet	1166ZZ0026	Basse Pointe	Forage	Oui*	Agricole	Banane
PtMar04	Case Navire	1177ZZ0078	Schoelcher	Forage	Oui	Urbaine / Industrielle	
PtMar06	Habitation Victoire	1179ZZ0228	François	Forage	Oui*	Agricole	Surface fourragère + cannes
PtMar01	UIOM - Sara	1178ZZ1711	Fort-de-France	Forage	Oui	Urbaine / Industrielle	

illustration 9 : Points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés en Martinique pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012 (: point appartenant au réseau RCS DCE).*

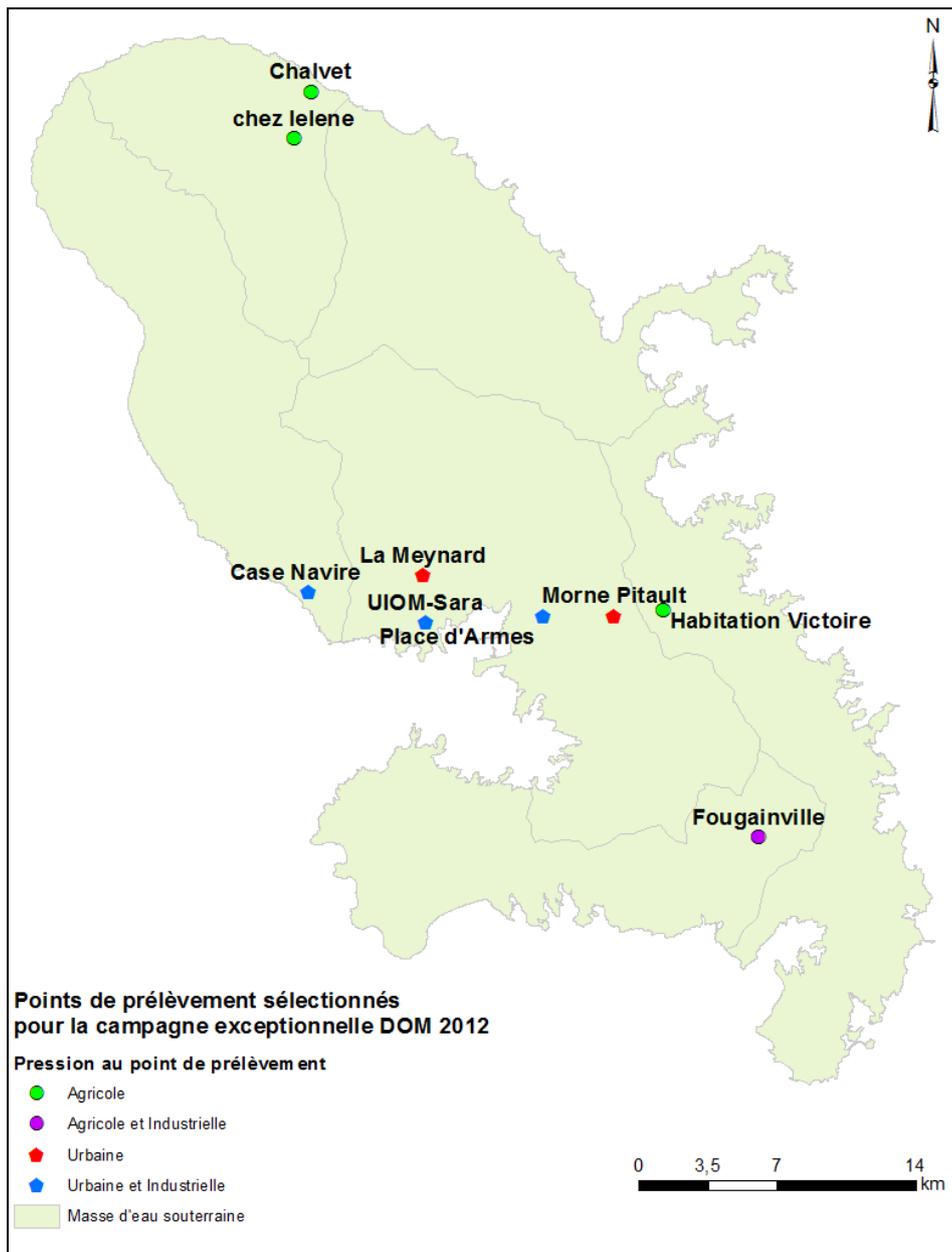


illustration 10 : Localisation des points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés en Martinique pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012.

3.4. MAYOTTE

A Mayotte, 3 points d'eau souterraine ont été sélectionnés pour la campagne exceptionnelle DOM. Un premier point « Tsararano 1 » situé au centre-est de l'île (illustration 12) est potentiellement impacté par une activité agricole caractéristique du département c'est-à-dire des cultures majoritairement vivrières à dominante maraîchère. Plus au nord, deux points sont sélectionnés sur la commune de Mamoudzou. La pression est ici à dominante urbaine et industrielle bien que des parcelles cultivées sont visibles à l'amont des forages. Les activités industrielles sont représentées par des ateliers de fabrication, des garages automobiles, des activités de service et de distribution. La zone est également habitée, habitation en dur mais également maison en taules (bidonville).

Suite à une défaillance du système de pompage du forage de Kawéni F1 (12307X0013), il a été décidé en accord avec la DEAL de Mayotte de prélever le forage de Kwalé (12307X0022) lors de la deuxième campagne d'eau souterraine.

Les points sélectionnés et leurs principales caractéristiques sont reportés dans l'illustration 11, la carte présentée en illustration 12 permet de les localiser sur l'île de Mayotte.

Code Point de prélèvement	Nom	Indice BSS	Commune	Type de point	Réseau qualité	P° au point	Activité
PtMay03	TSARARANO 1	12313X0021	Dembeni	Forage	Oui*	Agricole	Cultures vivrière à dominante maraîchère
PtMay02	KAWENI F3	12307X0021	Mamoudzou	Forage	Oui*	Urbaine / Indus.	ZA + habitat
PtMay01	KAWENI F1	12307X0013	Mamoudzou	Forage	Non	Urbaine / Indus.	ZA + habitat
PtMay01b	KWALE	12307X0022	Dembeni	Forage	Oui*	Agricole	

illustration 11 : Points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés à Mayotte pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012, ZA = Zone d'Activité (* : point appartenant au réseau RCS DCE).

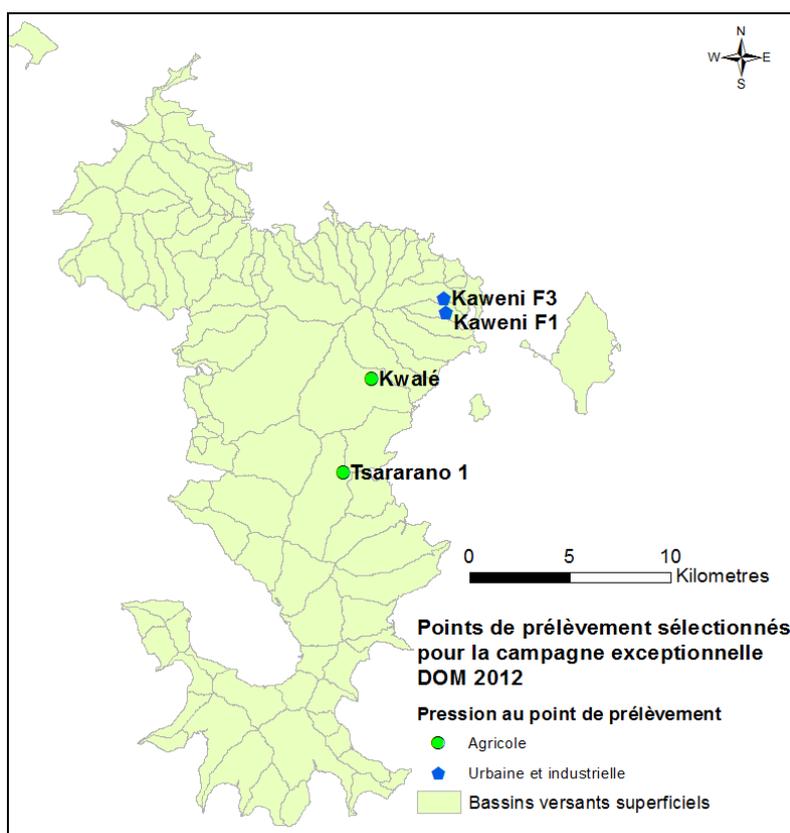


illustration 12 : Localisation des points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés à Mayotte pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012.

3.5. REUNION

8 points de prélèvements ont été sélectionnés à la Réunion par le BRGM, l'ARS, l'ODE et la DEAL. Les points ont été sélectionnés selon les critères suivants :

- disponibilité d'une pompe pour les prélèvements,
- pression connue (agricole, urbaine, industrielle).

La liste des points sélectionnés à la Réunion pour la campagne exceptionnelle DOM eaux souterraines 2012 est présentée dans l'illustration 13.

Code Point de prélèvement	Nom	Indice BSS	Commune	Type de point	Réseau qualité	P° au point	Activité
PtRéu04	PLAINE DES GALETS	12262X0069	PORT(LE)	Forage	Oui	Industrielle	ZA
PtRéu05	TROIS CHEMINS BOIS DE NEFLES	12262X0089	SAINT-PAUL	Forage	Oui	Agricole	
PtRéu07	SOURCE BAROI	12263X0019	POSSESSION(LA)	Source	Non	Agricole	Elevage de Dos d'âne
PtRéu01	BASSIN MALHEUR	12266X0418	SAINT-PAUL	Source	Non	Urbaine	ANC
PtRéu06	PUITS ZEC CHAUDRON	12271X0037	SAINT-DENIS	Puits	Oui	Urbaine / Agricole	
PtRéu08	BRETAGNE DOMENJOD	12271X0090	SAINT-DENIS	Forage	Oui	Urbaine	Habitat
PtRéu03	SOURCE FARGEAU	12284X0026	ENTRE-DEUX	Source	Non	Urbaine	ANC
PtRéu02	F5 - LA SALETTE	12288X0045	SAINT-PIERRE	Forage	Oui	Urbaine / Agricole	Elevage

illustration 13 : Points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés à la Réunion pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012 (ZA = Zone d'Activité ; ANC = Assainissement Non Collectif).

La majorité des points est localisé au nord-ouest de l'île comme le montre l'illustration 13.

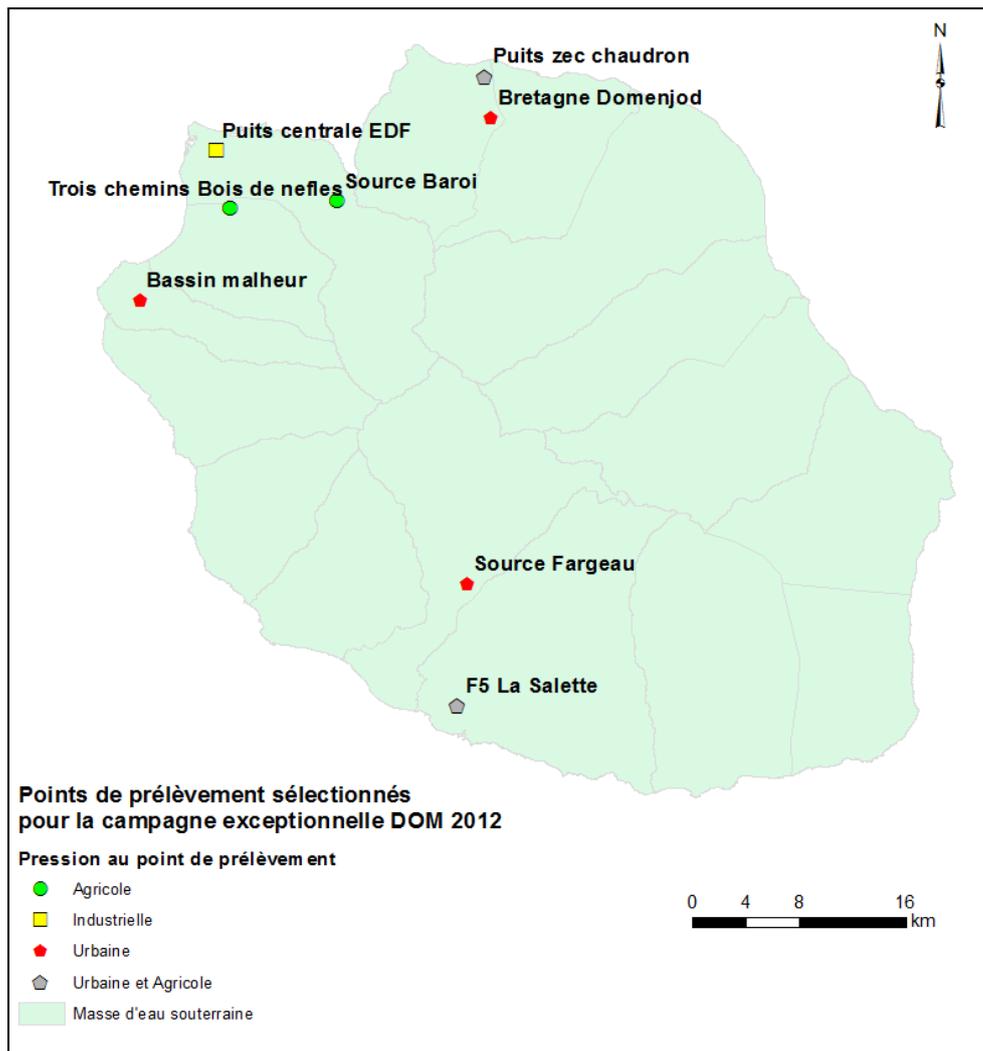


illustration 14 : Localisation des points de prélèvements en eaux souterraines sélectionnés à la Réunion pour la réalisation de la campagne exceptionnelle DOM 2012.

4. Opération d'échantillonnage

Le laboratoire national de référence pour la surveillance des milieux aquatiques (Aquaref), a mis en place en 2011, un guide présentant les bonnes pratiques pour le prélèvement des eaux souterraines. Il s'appuie sur les normes ou les guides en vigueur, ce qui implique notamment le respect de la norme NF EN ISO 5667-3¹ et du guide AFNOR FD T90-523-3².

Ce guide a servi de référence au BRGM lors des opérations d'échantillonnage en eau souterraine dans les DOM. Dans le cadre de sa mission d'appui technique, le BRGM a pris en charge les prélèvements des échantillons et a assuré le conditionnement ainsi que l'expédition vers les laboratoires situés en métropole. La logistique des flacons et glacières a été gérée par l'INERIS depuis la métropole.

Dans le cadre de cette étude prospective et pour chaque point « eau souterraine », des flacons en verre de 1 L pré-étiquetés ont été envoyés dans des enceintes réfrigérées (glacières) par l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) au BRGM des différents DOM.

Le transfert des molécules vers les eaux souterraines dépend de plusieurs facteurs comme les propriétés intrinsèques des molécules, les propriétés biogéochimiques de la zone non saturée, les temps de transfert de l'eau vers le sous-sol ou encore les conditions climatiques (intensité des événements extrêmes, présence de pluies après utilisation de produits phytosanitaires,...).

Les conditions climatiques (et notamment la survenue éventuelle d'un événement exceptionnel) sont déterminantes pour le choix des périodes des deux prélèvements annuels. De fortes précipitations ont, dans certains cas, tendance à faciliter le transfert vers les eaux souterraines des polluants stockés dans la zone non saturée ou en surface. Dans d'autres cas, de tels événements peuvent conduire à une dilution des concentrations dans les aquifères.

4.1. GUADELOUPE

4.1.1. Période d'échantillonnage

¹ «Qualité de l'eau - Echantillonnage - Partie 3 : Lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau», juin 2004

² « Guide d'échantillonnage pour le suivi de la qualité des eaux dans l'environnement – échantillonnage d'eau souterraine », janvier 2009

Conditions météorologiques lors des prélèvements

Les données météorologiques utilisées et leurs interprétations sont fournies par Météo France. Les conditions météorologiques de terrain rencontrées durant les prélèvements de la première et la deuxième campagne sont présentées sur l'illustration 15.

Masse d'eau	Point d'eau	Indice BSS	Conditions	
			1 ^{ère} campagne (avril 2012)	2 ^{ème} campagne (oct. 2012)
Grande-Terre (FRIG001)	Audoin	1142ZZ0030	Beau temps	Temps ensoleillé
	Duchassaing	1141ZZ0019	Beau temps	Temps ensoleillé
	Charropin	1135ZZ0069	Nuageux	Nuageux
	Jabrun	1140ZZ0011	Beau temps	Temps ensoleillé
Marie-Galante (FRIG002)	Etang Noir	1161ZZ0002	Nuageux	Temps ensoleillé
	Source 2	1160ZZ0011	Pluvieux	Temps ensoleillé
Nord Basse-Terre (FRIG006)	CSDU Ste-Rose	1137ZZ0027	Nuageux	Nuageux
	EDF Jarry	1147ZZ1589	Beau temps	Averse passagère
Sud Basse-Terre (FRIG003)	Belle Terre	1158ZZ0125	Nuageux	Nuageux
	La Plaine	1159ZZ0027	Nuageux	Nuageux

illustration 15 : Conditions météorologiques durant les échantillonnages d'eau souterraine pour la première et la deuxième campagne de Guadeloupe.

Dans l'ensemble, les précipitations ne sont pas venues perturber l'échantillonnage lors de la première campagne. Seul un épisode pluvieux lors du prélèvement à la « Source 2 » à Marie-Galante a engendré une coupure brève de l'activité pendant la 1^{ère} campagne et une averse passagère durant l'opération sur le point « EDF Jarry » lors de la 2^{ème} campagne.

Par ailleurs, les conditions météorologiques sont restées relativement stables durant toute la durée des deux campagnes. La perturbation du signal physico-chimique dans les eaux souterraines par infiltration d'eau de pluie depuis la surface est donc peu probable.

4.1.2. Organisation

L'accès aux sites de prélèvement s'est fait avec l'autorisation préalable des exploitants pour les captages AEP et accompagnement sur site si nécessaire :

- la Générale des Eaux (GDE) pour les captages de Grande-Terre ;
- la Nantaise des Eaux pour Marie-Galante ;
- la Régie des Eaux de Trois-Rivières pour la source AEP de La Plaine ;
- la Communauté d'Agglomérations du Sud Basse-Terre (CASBT) pour le captage de Belle-Terre

S'agissant des piézomètres implantés dans l'enceinte des installations classées pour l'environnement (ICPE), à savoir le centre de stockage des déchets ultimes de Sainte-Rose (CSDU) et la centrale thermique EDF de Jarry, les autorisations d'accès ont été obtenues par le biais de deux inspecteurs des installations classées de la DEAL Guadeloupe.

Tous les points d'eau souterraine prévus dans le cadre de la campagne ont pu faire l'objet de prélèvements. L'acheminement des glacières vers les laboratoires en charge des analyses s'est déroulé de la manière suivante :

- dépôt direct à l'Institut Pasteur de Guadeloupe (IPG), en charge de la quantification des éléments majeurs, à chaque fin de journée de terrain,
- dépôt au FRET de l'aéroport des Abymes auprès du prestataire SAGA (avant 11 heures le matin pour permettre un départ par avion le jour même),
- stockage des échantillons au BRGM Guadeloupe dans un réfrigérateur acheté dans le cadre de cette opération et ramassage sur site par le prestataire SAGA pour retour au FRET et départ par avion,
- récupération des glacières par la société TNT et transfert vers les laboratoires métropolitains respectifs.

Les dates de prélèvement et d'envoi des glacières sont données dans l'illustration 16 et l'illustration 17. A noter qu'une partie des glacières n'a pas pu être envoyée le jour même des prélèvements. La logistique d'envoi et les difficultés rencontrées sont explicitées dans le paragraphe ci-après.

Planning final						
Point d'eau	Commune	Date prélèvement	Glacières Laboratoire LAB Orléans	Glacières Laboratoire LPTC Bordeaux	Glacières CNRS Lyon	Envoi glacières
CSDU St Rose	Sainte Rose	19-avr	1 plastique	1 plastique	1 carton grand format	Enlèvement lundi 23/04 BRGM + 2 glacières Charropin, départ le même jour
BELLE-TERRE	Gourbeyre	19-avr	1 plastique	1 plastique		
LA PLAINE	Trois Rivières	19-avr	1 plastique	1 plastique		
CHARROPIN	Petit Canal	20-avr	1 plastique	1 plastique	1 carton grand format	Dépôt FRET le 24/04, départ le même jour
JABRUN	Morne à l'Eau	23-avr	1 plastique	1 plastique		
AUDOIN	Le Moule	23-avr	1 plastique	1 plastique		
DUCHASSAING	Le Moule	24-avr	1 plastique	1 plastique	1 petit format	Dépôt FRET le 24/04, départ le même jour
EDF Jarry	Baie-Mahault	24-avr	1 plastique	1 plastique	1 petit format	
SOURCES 2	Saint-Louis	18-avr	1 plastique	1 plastique	1 petit format	Enlèvement lundi 23/04 BRGM, départ le même jour
ETANG NOIR	Cap. de MG	18-avr	1 plastique	1 plastique	1 petit format	

illustration 16 : Date de prélèvement et d'envoi des glacières aux différents laboratoires pour la première campagne d'échantillonnage d'eau souterraine de Guadeloupe.

Planning final						
Point d'eau	Commune	Date prélèvement	Glacières Laboratoire LAB Orléans	Glacières Laboratoire LPTC Bordeaux	Glacières CNRS Lyon	Envoi glacières
CSDU St Rose	Sainte Rose	08-oct	1 plastique	1 plastique	1 carton	enlèvement le mardi 09 octobre, 8h00, départ par avion le jour même
BELLE-TERRE	Gourbeyre	08-oct	1 plastique	1 plastique	grand format	
LA PLAINE	Trois Rivières	08-oct	1 plastique	1 plastique	format	
CHARRO-PIN	Petit Canal	15-oct	1 plastique	1 plastique	1 carton	enlèvement le mercredi 17 octobre, 8h00, départ par avion le jour même
JABRUN	Morne à l'Eau	15-oct	1 plastique	1 plastique	grand format	
AUDOIN	Le Moule	16-oct	1 plastique	1 plastique		
DUCHAS-SAING	Le Moule	15-oct	1 plastique	1 plastique	1 petit format	
EDF Jarry	Baie-Mahault	15-oct	1 plastique	1 plastique	1 petit format	
SOURCES 2	Saint-Louis	09-oct	1 plastique	1 plastique	1 petit format	enlèvement le mercredi 10 octobre, 8h00, départ par avion le jour même
ETANG NOIR	Cap. de MG	09-oct	1 plastique	1 plastique	1 petit format	

illustration 17 : Date de prélèvement et d'envoi des glacières aux différents laboratoires pour la deuxième campagne d'échantillonnage d'eau souterraine de Guadeloupe

4.1.3. Protocole d'échantillonnage

Les prélèvements ont été effectués par les agents du BRGM, via les robinets d'eau brute équipant les forages et les sources AEP (points de prélèvement de l'ARS dans le cadre de son contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine).

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'une pompe électrique immergée PowerPurge 36 de marque SDEC (illustration 18). Un pompage préalable à l'échantillonnage a systématiquement été mis en œuvre sur chaque site afin de vidanger et donc renouveler trois fois la colonne d'eau au droit des ouvrages. Cette purge assure également le rinçage de la pompe avant prélèvement d'eau.

Parallèlement, les paramètres physico-chimiques (pH, conductivité électrique, température, potentiel d'oxydoréduction et O₂ dissous) ont été suivis à l'aide d'une sonde multi-paramètres pendant le pompage. Cette sonde a fait l'objet d'un étalonnage avant le démarrage de la campagne. Le prélèvement n'a été effectué qu'après stabilisation de ces paramètres, au niveau du tuyau d'exhaure de la pompe.

Le niveau piézométrique a été également mesuré par le BRGM à l'aide d'une sonde manuelle lumineuse KL 010 de marque OTT.



illustration 18 : pompe PowerPurge36 24V et survolteur 12/24V (marque SDEC)

Avant échantillonnage, les flacons ont été rincés 3 fois avec l'eau à prélever. Les flacons sont ensuite conservés dans des glacières réfrigérées (6 pains de glaces) afin de maintenir une température de conservation optimale ($5 \pm 3^{\circ}\text{C}$).

Les glacières sont ensuite acheminées soit vers le laboratoire IPG, soit vers le service de FRET de l'aéroport des Abymes pour envoi en métropole ou encore vers les locaux du BRGM pour un stockage provisoire au réfrigérateur.

4.1.4. Problèmes rencontrés et éléments de conclusion

La principale difficulté rencontrée concerne la phase logistique du transport des échantillons vers la métropole.

Le départ par avion des échantillons le jour J ne peut être assuré à moins de déposer les glacières avant 11 heures au FRET chez le prestataire désigné. Compte tenu des distances à parcourir, de la disponibilité des exploitants et du temps de réalisation des prélèvements, la majorité des prélèvements n'a pu être déposée assez tôt pour être envoyée le jour même.

Lors de la première campagne, un retard d'envoi est à signaler pour les échantillons prélevés en fin de semaine 16 en raison d'une pré-alerte trop tardive du transporteur TNT auprès du prestataire SAGA et d'une erreur sur un bon de transport. La 2^{ème} campagne exceptionnelle s'est très bien déroulée.

Lors de ces campagnes, la totalité des points d'eau a pu être échantillonnée aux dates prévues initialement. Les conditions climatiques durant les prélèvements ont été globalement favorables, avec une absence quasi-totale d'événements pluvieux.

Le problème principal, d'ordre logistique, a été celui de l'envoi quotidien des glacières contenant les prélèvements du jour, les horaires de prise en charge de la société de transport n'étant pas compatibles avec un dépôt journalier.

Le retour d'expérience de la 1^{ère} campagne d'avril 2012 a permis le bon déroulement de la seconde.

4.2. GUYANE

4.2.1. Période d'échantillonnage

La première campagne s'est déroulée du 4 au 14 juin 2012 (hautes eaux) et la deuxième campagne s'est déroulée du 26 novembre au 13 décembre 2012 (basses-eaux) (illustration 19). Les prélèvements des échantillons se sont déroulés sous de bonnes conditions météorologiques (beau temps peu nuageux) mise à part à Adotian où il pleuvait.

4.2.2. Organisation

Date	Matin	Après-midi	Envoi	Commentaires
04/06/2012	Vieux Chemin (capteur T°C)	Station compostage	06/06/2012	Mise en place capteur ANA085 à 12h47. Frigo (8°C) : 13h30 à 7h30 le 06/06.
		Puits privé	06/06/2012	Le 06/06 à 7h40 : insertion dans glacière.
05/06/2012	SARA		06/06/2012	
07/06/2012	Adotian (capteur T°C)		11/06/2012	Mise en place capteur ANA094 à 10h40. Transport pirogue → 13h. Frigo (8°C) : 13h à 11h le 08/06. Transport (voiture + avion) : 11h à 19h. Frigo (8°C) : 19h à 07h30 le 11/06. Le 11/06 à 7h40 : insertion dans glacière.
08/06/2012	Grand Santi		11/06/2012	
11/06/2012	Camopi	Maripasoula	13/06/2012	
13/06/2012		Sparouine (capteur T°C)	18/06/2012	Mise en place capteur R20 à 16h. Frigo (8°C) : 18h à 18h30 le 14/06. Transport (voiture) : 8h30 à 17h Frigo (8°C) : 17h à 07h30 le 18/06 Le 18/06 à 7h40 : insertion dans glacière
14/06/2012	Acarouany		18/06/2012	

illustration 19 : Organisation de la première campagne d'échantillonnage d'eau souterraine en Guyane

Date	Matin	Après-midi	Envoi	Commentaires
26/11/2012	Sparouine (capteur T°C)		27/11/2012	Mise en place capteur à 11h55 Frigo (8°C) : 19h à 7h45 le lendemain 7h45 à 7h55 : Emballage flacons 7h55 : insertion dans glacière
27/11/2012	SARA		28/11/2012	
28/11/2012	Vieux Chemin (capteur T°C)	Station compostage	03/12/2012	Mise en place capteur ANA085 à 12h30 14h35 : Emballage flacons Frigo (8°C) : 14h55 à 15h05 le 02/12 Le 02/12 à 15h05 : insertion dans glacière
29/11/2012	Acarouany		03/12/2012	
03/12/2012	Camopi	Maripasoula	05/12/2012	
04/12/2012	Puits privé		05/12/2012	
13/12/2012	Adotian (capteur T°C)	Grand Santi	17/12/2012	Mise en place capteur MMA 175 à 12h05-12h10 Emballage flacons : 18-18h15 Frigo (8°C) : 18h15 à 7h30 le lendemain où insertion dans glacière

illustration 20 : Organisation de la deuxième campagne d'échantillonnage d'eau souterraine en Guyane

4.2.3. Protocole d'échantillonnage

A l'exception de quelques cas décrits ci-dessous, les opérations de prélèvement se sont effectuées après une période de purge permettant d'obtenir un échantillon représentatif de l'aquifère capté. La période de purge correspond à la vidange de 2 à 3 fois le volume de la colonne d'eau. Dans certains cas (forages très profonds, puits,...), il est possible de se contenter de vérifier la stabilité des paramètres physico-chimiques (paramètres non conservatifs de l'eau). Dans le cas d'un captage AEP, l'échantillonnage a été fait en amont de tout traitement. Lorsque l'eau du forage est renouvelée par l'utilisation quotidienne de celui-ci (captage AEP par exemple), le prélèvement s'est effectué après 10 à 30 minutes de pompage. Quelques minutes suffisent pour les prélèvements d'eau brute au niveau des robinets des locaux techniques.

Au BRGM de Guyane, quatre techniques ont été utilisées pour les opérations de prélèvement :

- Pompage avec une pompe électrique immergée de type MP1
Une pompe électrique immergée de type MP1 a été utilisée lors de la réalisation de deux prélèvements (« Vieux Chemin » et « Acarouany »).
- Pompage à l'aide de tubes échantillonneurs
Pour certains sites, il a été impossible de respecter les principes classiques d'échantillonnage décrits ci-dessus. En effet, l'utilisation de la pompe électrique était proscrite lorsque les conditions d'accessibilité au site étaient réduites.
Le piézomètre de la Société Anonyme de Raffinerie des Antilles (SARA) est situé dans l'enceinte d'un dépôt de carburant. Ce site, classé SEVESO, ne permet pas l'emploi de matériel électrique à l'intérieur de celui-ci.
Dans les cas de Camopi et Maripasoula, ce sont les conditions de transport (avion) qui n'ont pas permis de déplacer le matériel de pompage électrique (groupe électrogène, ...) sur le site.

Pour ces sites, des tubes échantillonneurs ont été utilisés. Cette technique n'est en général pas préconisée dans le cadre des programmes de surveillance classique mais aucune autre méthode de pompage alternative n'a pu être mise en place. Une « purge » minimale a cependant été effectuée avec les tubes échantillonneurs.

- Pompage avec une pompe à motricité humaine (PMH) ou pompe à bras
Deux des dix points de la campagne exceptionnelle (« Adotian » et « Sparouine ») ont été échantillonnés avec des pompes à motricité humaine ou pompes à bras (illustration 21).



illustration 21 : Pompe à bras (Adotian)

- Pompage depuis un ouvrage équipé de moyens de pompage et d'un robinet de prélèvement
Dans les cas de Grand Santi et Maripasoula, un piquage est réalisé directement sur la colonne d'exhaure, en amont de tout traitement. Ces ouvrages sont exploités quotidiennement pour l'alimentation en eau potable.

Le prélèvement de la station de compostage s'est effectué à partir d'un robinet d'exhaure peu utilisé, après quelques minutes de pompage.

Prise d'échantillon

Les flacons vides sont transportés jusqu'au point de prélèvement dans des glacières contenant des accumulateurs de froid (pains de glace).

Le moment de la prise d'échantillon est déterminé grâce à la stabilisation des paramètres non conservatifs et au pompage du volume de purge prédéfini. A ce moment, les flacons sont rincés avec l'eau du site.

Dans le cas du pompage avec la pompe MP1, le remplissage des flacons s'effectue directement depuis le tuyau d'exhaure. Lors de l'utilisation de tubes échantillonneurs, le contenu est directement versé dans les flacons. Les flacons sont directement remplis à l'aide du robinet dans le cas ouvrages équipés de moyens de pompage (PMH et captage AEP).

Conservation et transport des échantillons

Après l'échantillonnage, les flacons sont replacés dans les glacières jusqu'à leur arrivée au BRGM. Durant ce laps de temps, les échantillons sont, dans la mesure du possible, conservés à environ $5 \pm 3^{\circ}\text{C}$ grâce aux pains de glace.

Les échantillons prévus dans le cadre des analyses des éléments majeurs ont été déposés le lendemain des prélèvements à l'Institut Pasteur de Guyane.

Les échantillons pour les eaux souterraines à destination des trois laboratoires métropolitains (BRGM, CNRS, LPTC) ont été pris en charge par le transporteur SDV en Guyane afin d'être acheminés en métropole. Ils ont été ensuite transférés dans les différents laboratoires en charge des analyses par le transporteur TNT.

En raison des horaires de dépôt au fret (dépôt jusqu'à 11h), aucune glacière n'a pu être envoyée le jour du prélèvement des échantillons. Il en est de même pour l'Institut Pasteur de Guyane qui réceptionne les échantillons seulement jusqu'à midi.

Ainsi, pour chacun des prélèvements, les échantillons ont donc été conservés au minimum une nuit dans le réfrigérateur du BRGM. Ce stockage se répercute sur les délais d'acheminement des échantillons.

4.2.4. Mesures et analyses de terrain

Pour chacun des prélèvements réalisés au mois de juin, les paramètres non conservatifs de l'eau (pH, température, potentiel d'oxydo-réduction, oxygène dissous et conductivité), ont été mesurés grâce à la sonde multi-paramètres HANNA 9828 (illustration 22) préalablement rincée avec l'eau pompée.



illustration 22 : Sonde multi-paramètres HANNA 9828

Une sonde multi-paramètres WTW 3420 a été utilisée pour la deuxième campagne.

Tout au long de la purge, l'évolution des paramètres physico-chimiques est contrôlée. La stabilisation de ces paramètres marque le début des opérations de prélèvement. Durant le pompage (purge incluse), le niveau piézométrique est contrôlé grâce à une sonde électrique à ruban métrique.

4.2.5. Problèmes rencontrés et éléments de conclusion

Lors de ces campagnes, la totalité des points a pu être échantillonnée. Les informations concernant les opérations d'échantillonnage ont été recueillies sur une feuille de terrain. Elles décrivent les équipements, les techniques de purge et d'échantillonnage ainsi que leurs caractéristiques (date, durée, volume, débit, etc.). Les valeurs des mesures de tous les paramètres physico-chimiques mesurés sur le terrain y sont également renseignées, tout comme les observations du point d'eau (présence de matériaux indésirables,...) et de ses alentours (travaux agricoles par exemple) ainsi que les conditions météorologiques lors du prélèvement (température moyenne de l'air, conditions de pluviométrie, ruissellement, etc.).

Des problèmes logistiques ont perturbé le déroulement des opérations. Lors de la première campagne, le problème majeur rencontré a concerné l'impossibilité d'envoyer les prélèvements les autres jours que le lundi et le mercredi : le transporteur SDV en charge de l'envoi des échantillons en métropole ne dispose pas de places journalières dans les avions les acheminant. Cela a eu pour conséquence, pour certains échantillons, un stockage dans un réfrigérateur lorsque les prélèvements n'ont pas été faits la veille de l'envoi.

Un autre problème réside dans le caractère inadapté des glacières par rapport aux conditions de terrain spécifiques de Guyane (difficulté d'accès notamment) de par leur volume trop important. Trois points (Grand Santi, Maripasoula et Adotian) nécessitent des déplacements par avion pour lesquels les poids et volumes autorisés sont limités.

4.3. MARTINIQUE

4.3.1. Période d'échantillonnage

Une campagne de prélèvements a été planifiée par saison (donc 2 à l'échelle de l'année) afin de constater d'éventuelles différences de résultats en relation avec les variations climatiques et l'état quantitatif des masses d'eau souterraines.

4.3.2. Organisation

L'accès aux sites de prélèvement s'est fait avec l'autorisation préalable des exploitants :

- Schoelcher – Case Navire
- Lamentin – IUOM
- Lamentin – Place d'Armes

Tous les points d'eau souterraine prévus dans le cadre de l'étude prospective ont pu faire l'objet de prélèvements. L'acheminement des glacières vers les laboratoires en charge des analyses s'est déroulé de la manière suivante :

- dépôt au laboratoire départemental d'analyses (LDA) en charge de la quantification des éléments majeurs, le lendemain matin des prélèvements (uniquement pour les points qui ne font pas partie du réseau qualité) ;
- stockage des échantillons au BRGM le soir des prélèvements ;
- ramassage au bureau par le prestataire SAGA le lendemain pour retour au FRET et départ par avion.

Les dates de prélèvements et d'envoi des échantillons sont présentées dans les illustrations 23 et illustration 24. A noter que les glacières ont été envoyées le lendemain du jour de prélèvements. La logistique d'envoi et les difficultés rencontrées sont explicitées dans le paragraphe ci-après.

Planning final						
Point d'eau	Commune	Date prélèvement	Glacières Laboratoire MMA Orléans	Glacières Laboratoire LPTC Bordeaux	Glacières CNRS Lyon	Envoi Glacières
Morne Pitault	Lamentin	10/04/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	Enlèvement le 11/04/2012
La Meynard	Fort de France	10/04/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	
Place d'Armes	Lamentin	16/04/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	Enlèvement le 17/04/2012
IUOM	Lamentin	16/04/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	
Habitation Victoire	Francois	17/04/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	Enlèvement le 18/04/2012
Chez lèlène	Basse Pointe	23/04/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	Enlèvement le 24/04/2012
Case Navire	Schoelcher	23/04/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	
Chalvet	Basse Pointe	24/04/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	Enlèvement le 25/04/2012
Fougainville	Rivière Pilote	24/04/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	

illustration 23 : Date de prélèvement et d'envoi des glacières aux différents laboratoires – 1^{ère} campagne

Planning final						
Point d'eau	Commune	Date prélèvement	Glacières Laboratoire MMA Orléans	Glacières Laboratoire LPTC Bordeaux	Glacières CNRS Lyon	Envoi Glacières
La Meynard	Fort de France	5/11/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	Enlèvement le 06/11/2012
IUOM	Lamentin	5/11/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	
Case Navire	Schoelcher	5/11/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	Enlèvement le 07/11/2012
Morne Pitault	Lamentin	06/11/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	
Place d'Armes	Lamentin	06/11/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	
Chez lèlène	Basse Pointe	12/11/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	Enlèvement le 13/11/2012
Habitation Victoire	Francois	12/11/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	
Chalvet	Basse Pointe	13/11/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	Enlèvement le 14/11/2012
Fougainville	Rivière Pilote	13/11/2012	1 plastique	1 plastique	1 petit format	

illustration 24 : Date de prélèvement et d'envoi des glacières aux différents laboratoires – 2^{ème} campagne

4.3.3. Protocole de prélèvements

L'ensemble des flacons a préalablement été étiqueté pour permettre une identification.

Les prélèvements ont été réalisés par les agents du BRGM à l'aide d'une pompe électrique immergée. Un pompage préalable à l'échantillonnage a systématiquement été mis en œuvre sur chaque site afin de vidanger et donc renouveler trois fois la colonne d'eau au droit des ouvrages, cette purge assurant également le rinçage de la pompe avant prélèvement d'eau.

Parallèlement, les paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, température, potentiel d'oxydoréduction et O₂ dissous) ont été suivis à l'aide d'une sonde multi-paramètres pendant le pompage. Le prélèvement n'a été effectué qu'après stabilisation de ces paramètres, au niveau du tuyau d'exhaure de la pompe. L'instrument de mesure utilisé pour le contrôle in situ a fait l'objet d'un étalonnage avant le démarrage de la campagne. Le niveau piézométrique a été également mesuré par le BRGM à l'aide d'une sonde manuelle lumineuse KL 010 de marque OTT.



illustration 25 :Matériel utilisé lors des prélèvements

Avant échantillonnage, les flacons ont été rincés 3 fois avec l'eau à prélever. Une fois prélevés, les échantillons ont été conditionnés dans des glacières réfrigérées (6 pains de glaces) afin de maintenir une température de conservation optimale ($5 \pm 3^{\circ}\text{C}$). Puis, celles-ci ont été acheminées vers les locaux du BRGM pour un stockage provisoire en réfrigérateur.

4.3.4. Problèmes rencontrés et éléments de conclusion

Les principales difficultés rencontrées concernent les délais de transport des échantillons vers la métropole, et la méthode de prélèvement pour un point.

Le départ par avion des échantillons le jour J ne pouvait être assuré à moins de déposer les glacières avant 14 heures au FRET chez le prestataire désigné. Par conséquent, compte tenu des distances à parcourir, de la disponibilité des exploitants et du temps de réalisation des prélèvements, tous les prélèvements ont été ramassés le lendemain matin au bureau, par le prestataire et acheminés vers l'aéroport pour un départ par avion en fin d'après-midi.

Les prélèvements à Case Navire ont été effectués par tube préleveur, le renouvellement de l'eau du forage n'a donc pas pu être assuré. Lors de la deuxième campagne, les prélèvements se sont fait au moyen d'une pompe MP1.

Lors de la deuxième campagne, la totalité des points d'eau a pu être échantillonnée aux dates prévues initialement. Les conditions climatiques lors des prélèvements ont été favorables, avec une absence quasi-totale d'évènements pluvieux.

4.4. MAYOTTE

4.4.1. Période d'échantillonnage

Comme pour les réseaux de contrôle de surveillance DCE, les deux campagnes de prélèvement des eaux souterraines ont été réalisées :

- le 03/04/12 pour les hautes eaux,
- le 05/09/12 pour les basses eaux.

4.4.2. Protocole d'échantillonnage

Les prélèvements ont été assurés par les hydrogéologues du BRGM en poste à Mayotte et habilités à la mesure des paramètres physico-chimiques et au prélèvement.

Les prélèvements ont été effectués via les robinets d'eau brute équipant les forages AEP (12307X0013, 12307X0021, 12307X0022) ou au niveau du tuyau d'exhaure pour les prélèvements en piézomètre (12313X0021).

Les forages AEP ont été prélevés pendant leur fonctionnement, plusieurs heures après le lancement des pompes (exploitation 20h/24h) afin d'assurer un prélèvement représentatif de l'aquifère.

Pour le piézomètre de Tsararano 1 (12313X0021), les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'une pompe électrique immergée Grundfos MP1 (illustration 26) et d'une pompe de prélèvement de type Twister 12V (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Un pompage préalable à l'échantillonnage a systématiquement été mis en œuvre sur chaque site afin de renouveler la colonne d'eau au droit des ouvrages, cette purge assure également le rinçage de la pompe avant le prélèvement d'eau. Néanmoins, les divers problèmes techniques rencontrés (*cf.* paragraphe 4.4.3) n'ont pas permis de renouveler 3 fois la colonne d'eau.



illustration 26 :Pompes Twister et Grundfos MP1 utilisées pour la campagne de prélèvement

Parallèlement, les paramètres physico-chimiques (pH, conductivité électrique, température, potentiel d'oxydoréduction et O₂ dissous) ont été suivis à l'aide d'une sonde multi-paramètres pendant le pompage. Le prélèvement n'a été effectué qu'après stabilisation de ces paramètres, au niveau du tuyau d'exhaure de la pompe. Avant d'amorcer la phase d'échantillonnage, les flacons ont été rincés 3 fois avec l'eau à prélever.

Lorsque cela était possible, le niveau piézométrique a été également mesuré à l'aide d'une sonde manuelle lumineuse de marque OTT.

Une fois prélevés, les échantillons ont été conditionnés dans leurs glacières respectives réfrigérées par des pains de glaces afin de maintenir une température de conservation optimale. L'ensemble des paramètres liés à l'échantillonnage a été tracé sur une fiche terrain.

Transport des échantillons

Les glacières sont ensuite acheminées par un transitaire vers les laboratoires d'analyse métropolitains suivant le processus suivant, avec J, le jour du prélèvement :

- J+0 : prélèvement puis stockage
- J+1 : conditionnement pour le transport (pains de glace, matériaux amortissants, etc.), enlèvement par le transitaire, transport vers La Réunion puis vers la métropole
- J+2 : arrivée en métropole, dédouanement et acheminement vers les laboratoires d'analyse par les transitaires. Réception par les laboratoires d'analyse.

Lors de la première campagne de prélèvement (avril), les glacières ont été stockées le soir du prélèvement dans les locaux du BRGM. Pour assurer la conservation des échantillons, dès leur arrivée dans les bureaux, les glacières ont été remplies de nouveaux pains de glaces. Le lendemain matin, ces pains de glaces ont à nouveau été remplacés avant l'enlèvement des glacières par le transitaire. A noter qu'aucun contrôle des conditions de stockage des glacières n'est possible en zone franche durant le transport aérien.

Lors de la seconde campagne (septembre), les glacières ont pu être stockées dans une chambre froide (4°C) du LVAD (Laboratoire Vétérinaire et d'Analyse Départementale) après le prélèvement. Les pains de glace ont été changés le lendemain matin avant envoi.

Le l'illustration 27 rend compte du déroulement des campagnes de prélèvement.

	CODE STATION	FORAGE	DATE & HEURE PRELEVEMENT	TEMPERATURE (°C)		PH (U.SI)	EH (mV)	EH _{NHE} (mV)	CONDUCTIVITE (µS/cm)	OXYGENE DISSOUS (%)	OXYGENE DISSOUS (mg/l)	DATE & HEURE GLACIAIRE	DATE & HEURE REFRIGERATION	OBSERVATIONS
CAMPAGNE HAUTES EAUX (03/04/12)	12313X0021	TSARARANO	03/04/2012 19:30	27,5	5,51	278,0	463,0	124,6	5,1	0,4	03/04/2012 19:40	03/04/2012 20:00	Pas de prélèvement pour turbidité.	
	12307X0021	KAWENILAJOLIE F3	03/04/2012 16:45	28,9	7,32	204,0	388,0	467,0	68,4	5,3	03/04/2012 16:55	03/04/2012 19:00		
	12307X0013	KAWENI F1	03/04/2012 17:45	28,5	6,79	220,4	404,6	455,0	54,2	4,1	03/04/2012 17:55	03/04/2012 19:00		
CAMPAGNE BASSES EAUX (04/09/12)	12313X0021	TSARARANO	04/09/2012 17:50	27,2	5,67	229,0	427,2	138,0	14,5	0,8	04/09/2012 18:30	04/04/2012 19:00	Temps de purge insuffisant dû à une perte de temps lié à un problème d'ouverture du piézomètre et au disfonctionnement de Kawéni F1. La colonne a été renouvelée 0,7 fois environ.	
	12307X0022	KWALE	04/09/2012 16:45	27	7,63	201,0	399,3	349,0	94,2	7,5	04/09/2012 18:30	04/04/2012 19:00	Ajout pour campagne prospective. Le flacon "blanc" a été cassé lors du prélèvement.	
	12307X0021	KAWENILAJOLIE F3	04/09/2012 09:40	28,6	7,4	118,0	315,2	465,0	69,0	5,7	04/09/2012 18:30	04/04/2012 19:00		
	12307X0013	KAWENI F1	Hors service - Problème technique, ce forage a donc été substitué avec l'accord de la DEAL par le forage de Kwalé											

illustration 27 : Tableau récapitulatif des campagnes de prélèvement en eau souterraine pour la campagne exceptionnelle de Mayotte.

4.4.3. Problèmes rencontrés

Plusieurs problèmes ont été rencontrés durant ces campagnes.

- Lors de la campagne d'avril, des problèmes ont été rencontrés pour le prélèvement du piézomètre de Tsararano 1 (12313X0021). Aucun groupe électrogène n'était disponible le jour de la campagne et ce malgré la réservation effectuée. La pompe MP1 prévue pour le prélèvement a donc été remplacée par une pompe Twister alimentée par une batterie de 12V. Néanmoins, le débit de cette pompe demeure bien inférieure (env. 0,2 m³/h) à la pompe initialement prévue (env. 2,5 m³/h). Ainsi, le piézomètre n'a pu être purgé qu'à hauteur de 70% environ avant le prélèvement. Malgré tout, lors du prélèvement, les paramètres physico-chimiques étaient stables et similaires aux valeurs relevées lors de prélèvements antérieurs.
- Lors de la campagne de septembre, d'autres difficultés se sont présentées sur ce même piézomètre de Tsararano 1 (12313X0021). Les bouchons de tête ayant été trop serrés et ayant rouillé, il a fallu plusieurs heures avant de pouvoir mettre en place le dispositif de prélèvement réduisant de manière importante le temps prévu pour le pompage de 3 heures à 1 heure. Ainsi, une nouvelle fois, seulement 70% de la colonne d'eau a pu être renouvelée avant le prélèvement.
- Egalement lors de la campagne de septembre, le forage AEP de Kawéni F1 (12307X0013) n'a pu être prélevé. Un défaut du système de pompage a été détecté dans la nuit du 3 au 4 septembre par la SOGEA empêchant toute opération sur l'ouvrage. En accord avec la DEAL de Mayotte, il a été convenu de prélever le forage AEP de Kwalé F1 (12307X0022). Cette difficulté de dernière minute a entraîné un retard important qui s'est répercuté sur le prélèvement du piézomètre de Tsararano 1 (cf. § ci-dessus).

De nombreux problèmes techniques et logistiques sont venus perturber les prélèvements en eau souterraine ; panne de pompe, problèmes de location de matériels, etc. Ces problèmes montrent la difficulté de réalisation des campagnes de prélèvement à Mayotte et l'importance des soins qui doivent être apportés à leur préparation pour gérer au mieux les aléas.

4.5. LA REUNION

A La Réunion, l'Office de l'eau Réunion est en charge de l'échantillonnage à l'exception d'une source prélevée par le BRGM.

4.5.1. Période d'échantillonnage

Afin d'avoir un échantillonnage le plus représentatif possible avec les deux campagnes prévues, une campagne a été programmée lors de chaque saison.

Campagne « basses eaux »

La 1^{ère} campagne de prélèvements s'est déroulée du 4 au 11 juin 2012, période qui correspond au début de la période de « basses eaux ».

Concernant les conditions climatiques, La Réunion connaît depuis 3 ans une période de sécheresse exceptionnelle : 2012 est la troisième année consécutive de déficit marqué. Les dernières saisons des pluies ont présenté des cumuls de précipitations en deçà des normales saisonnières (- 50 % en janvier et - 35 % en février). Certains secteurs de l'île sont fortement touchés. C'est le cas du secteur sud-ouest où l'état quantitatif des ressources en eau souterraines s'avère largement déficitaire (- 45 % sur la période mai à octobre). Malgré ces conditions particulières, d'autres secteurs présentent un état normal à excédentaire (illustration 28).

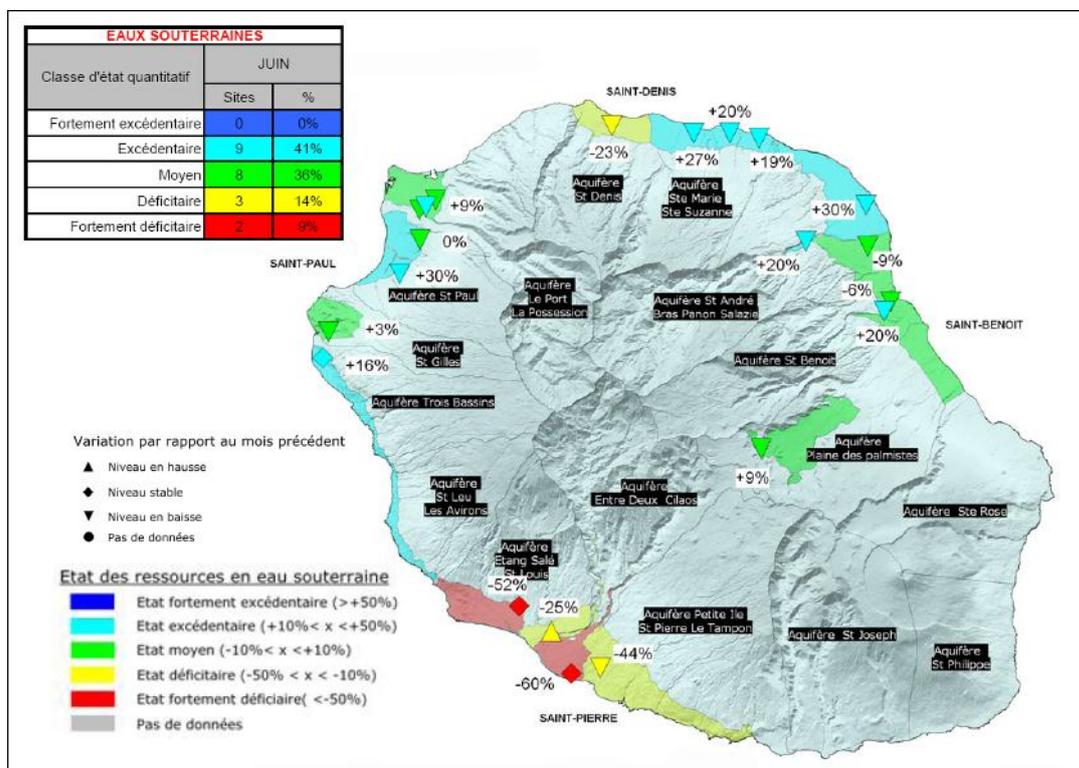


illustration 28 : Etat quantitatif des aquifères réunionnais en juin 2012 (Office de l'eau, Chroniques de l'eau, juillet 2012)

Campagne « hautes eaux »

La 2^{ème} campagne de prélèvements s'est déroulée entre le 14 et le 21 janvier 2013, période qui correspond à la période de « hautes eaux ».

La pluviométrie du mois de décembre 2012 se caractérise par des excédents sur les régions situées au sud (rapport à la normale saisonnière de 100 à 200 %) et par un large déficit sur les deux tiers nord de La Réunion (-75 % observé sur les postes les plus déficitaires).

Ensuite, en janvier 2013, les conditions climatiques associées à cette campagne ont été marquées par le passage du cyclone tropical « Dumile » à proximité des côtes réunionnaises, une à deux semaines avant les prélèvements. Sur 2 jours du 2 janvier au 4 janvier, le cumul maximal a été enregistré dans le sud-est de l'île (région du Volcan) au niveau du pluviomètre du Cratère Commerson avec une valeur de 1102 mm. L'ensemble de l'île a été concerné par ces précipitations et les plus fortes valeurs enregistrées se situent dans les zones d'altitude (illustration 29).

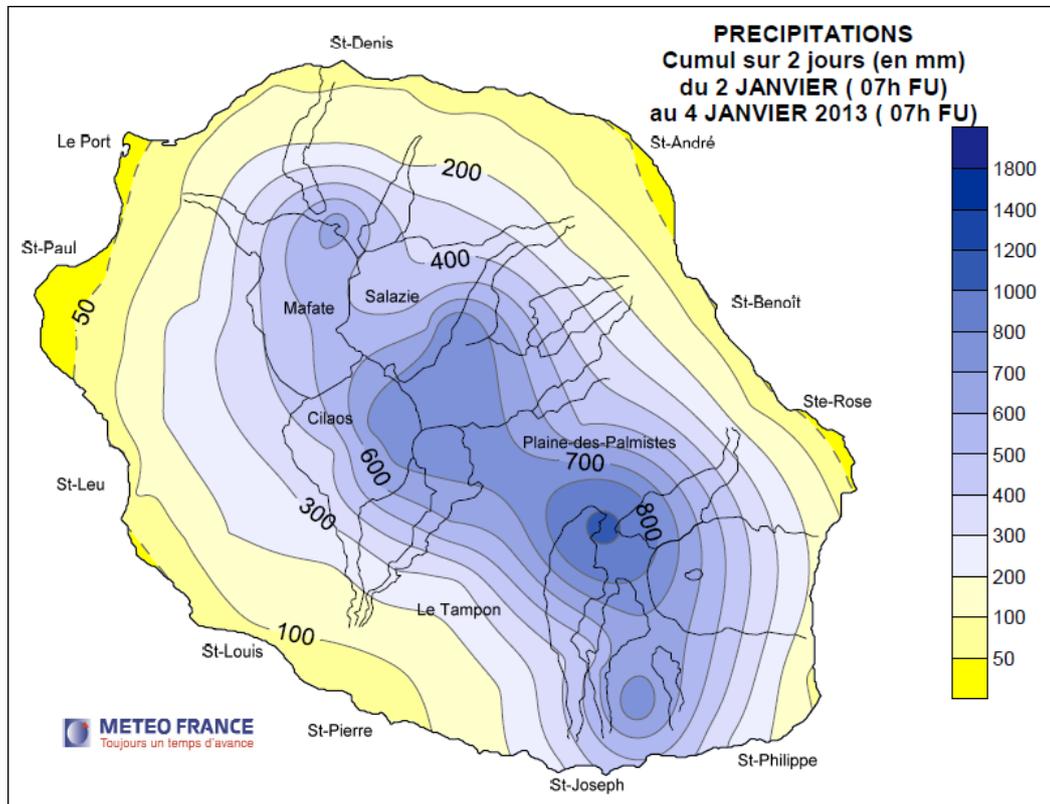


illustration 29 : Cumul des précipitations sur 2 jours lors du passage du cyclone « Dumile »

Une hausse des niveaux piézométriques a été observée suite à cet épisode pluvieux. Certains systèmes situés dans le sud-ouest, au nord et à l'est de l'île restent cependant déficitaires malgré les pluies abondantes de début janvier. L'illustration 30 présente l'état des ressources en eau souterraines à la fin du mois de janvier 2013 et intègre le passage d'un second cyclone nommé « Felling » dans la zone des Mascareignes et qui a abondamment arrosé le territoire réunionnais.

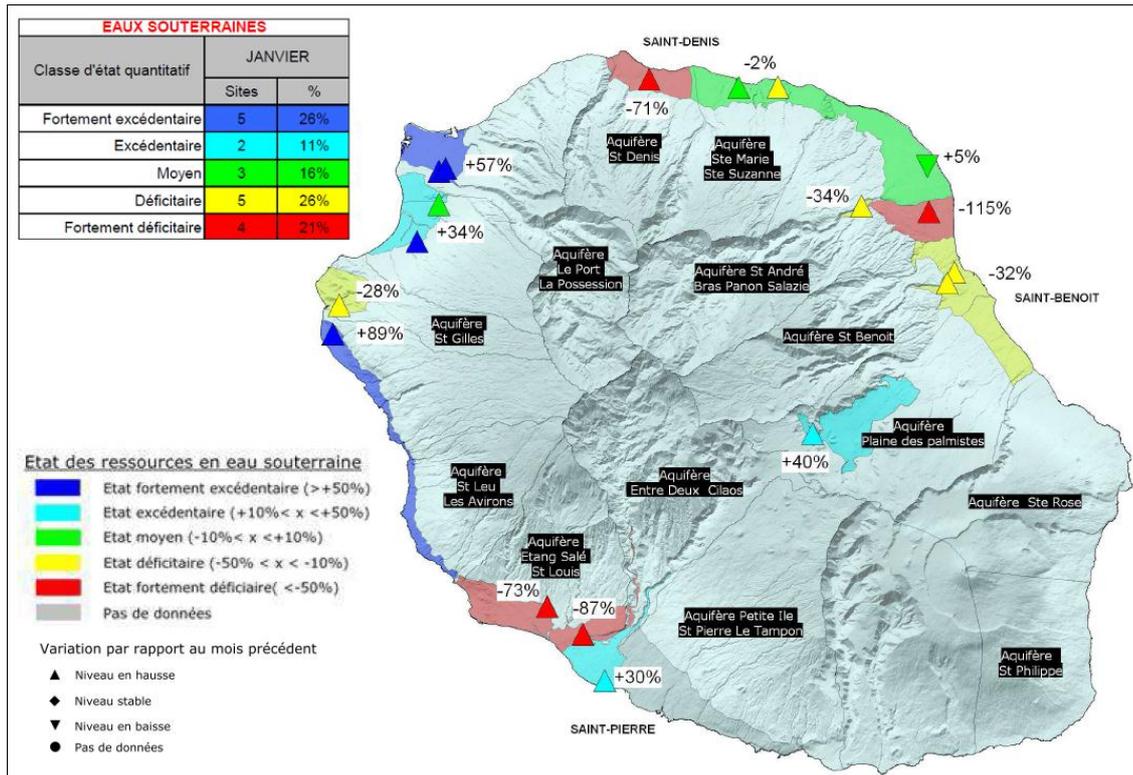


illustration 30 : Etat quantitatif des aquifères réunionnais en janvier 2013 (OLE, Chroniques de l'eau, février 2013)

4.5.2. Organisation

Comme indiqué précédemment, c'est principalement l'Office de l'eau Réunion qui a réalisé les échantillonnages. L'ensemble du flaconnage a été réceptionné par l'Office de l'Eau le 30/05/2012.

Sept points ont été prélevés par l'Office de l'eau Réunion et 1 point par le BRGM. Les sites étaient connus et aucune difficulté particulière n'a été rencontrée sur le terrain. L'échantillonnage a pu être effectué dans la période programmée. Ces points étant exploités pour l'AEP, une prise de contact a été réalisée au préalable avec les exploitants concernés (Véolia, Cise et La Créole) afin de les avertir et de pouvoir avoir accès aux installations.

Les dates des prélèvements sont présentées dans les illustrations 31 et illustration 32 :

Nom du point	Indice	Organisme préleveur	Date de prélèvement	Date d'expédition
Source rive gauche bassin malheur	12266X0418/HY	BRGM Réunion	11/06/2012	12/06/2012
Forage F5 la Salette	12288X0045/F5	Office de l'eau Réunion	04/06/2012	05/06/2012
Source fargeau	12284X0026/HY	Office de l'eau Réunion	04/06/2012	05/06/2012
Forage P11-BIS plaine des galets	12262X0069/P11BIS	Office de l'eau Réunion	04/06/2012	05/06/2012
Forage AEP trois chemins bois de nèfles F5BIS	122620089/F5-BIS	Office de l'eau Réunion	04/06/2012	05/06/2012
Puits ZEC chaudron	12271X0037/F	Office de l'eau Réunion	04/06/2012	05/06/2012
Source Baroi	12263X0019/HY	Office de l'eau Réunion	04/06/2012	05/06/2012
Forage Bretagne Domenjod	12271X0090/F	Office de l'eau Réunion	04/06/2012	05/06/2012

illustration 31 : Dates d'échantillonnages et d'expédition des prélèvements d'eau souterraine de La Réunion lors de la 1^{ère} campagne de prélèvement

Nom du point	Indice	Organisme préleveur	Date de prélèvement	Date d'expédition
Source rive gauche bassin malheur	12266X0418/HY	BRGM Réunion	14/01/2013	15/01/2013
Forage F5 la Salette	12288X0045/F5	Office de l'eau Réunion	14/01/2013	15/01/2013
Source fargeau	12284X0026/HY	Office de l'eau Réunion	21/01/2013	22/01/2013
Forage P11-BIS plaine des galets	12262X0069/P11BIS	Office de l'eau Réunion	14/01/2013	15/01/2013
Forage AEP trois chemins bois de nèfles F5BIS	122620089/F5-BIS	Office de l'eau Réunion	14/01/2013	15/01/2013
Puits ZEC chaudron	12271X0037/F	Office de l'eau Réunion	15/01/2013	15/01/2013
Source Baroi	12263X0019/HY	Office de l'eau Réunion	14/01/2013	15/01/2013
Forage Bretagne Domenjod	12271X0090/F	Office de l'eau Réunion	15/01/2013	15/01/2013

illustration 32 : Dates d'échantillonnages et d'expédition des prélèvements d'eau souterraine de La Réunion lors de la 2^{ème} campagne de prélèvement

Après le prélèvement, les échantillons d'eau ont été soigneusement conditionnés dans des glacières prévues à cet effet et ont été conservés dans un environnement réfrigéré à environ 4°C. Puis, les glacières ont été récupérées par le transporteur, environ 24 heures après le prélèvement.

4.5.3. Protocole d'échantillonnage

En conformité avec les documents de référence, les flacons ont été rincés trois fois avec l'eau du site avant d'être remplis.

Les prélèvements ont été réalisés :

- à l'exhaure des pompages, au robinet de prélèvement, pour les forages,
- au niveau du réservoir de stockage alimenté par la source Baroi,
- au niveau des griffons à la source Rive Gauche Bassin Malheur.

Un temps de purge a été respecté et validé par la mesure des paramètres in situ et la stabilisation de ces derniers.

4.5.4. Problèmes rencontrés et éléments de conclusion

La 1^{ère} campagne d'échantillonnage d'eau souterraine concernant la période de « basses eaux » a été réalisée au début du mois de juin 2012. L'ensemble des points a été prélevé ; aucun problème particulier n'a remis en cause les prélèvements. Compte-tenu des conditions hydrologiques et climatiques exceptionnelles qui subsistent à La Réunion depuis 3 ans, certains points de prélèvement tels que les forages F5 La Salette (12288X0045) et Bretagne Domenjod (12271X0090) ou le puits ZEC Chaudron (12271X0037) se situent dans des secteurs classés déficitaires sur le plan quantitatif. La première campagne de prélèvement permet de valider sur le terrain le choix des points.

La 2^{ème} campagne a été réalisée en période de « hautes eaux » au cours du mois de janvier 2013. Celle-ci a été marquée par une pluviométrie importante liée au passage du cyclone Dumile à proximité de l'île quelques jours avant la campagne. Les conditions de prélèvement et d'expédition ont été identiques à la 1^{ère} campagne.

5. Analyses effectuées lors de la campagne

5.1. ANALYSE DES MOLECULES DE LA CAMPAGNE

5.1.1. Contexte général

La liste des molécules à rechercher dans les eaux souterraines de l'étude prospective DOM est composée de 191 molécules. Le groupe de travail « analyse » (GT « analyse ») de l'étude prospective, piloté par l'INERIS, a effectué avant la finalisation de cette liste une consultation de différents laboratoires publics de recherche afin de connaître leurs capacités analytiques sur une liste de départ comportant 469 molécules. La consultation des laboratoires a conduit le BRGM dans le cadre de ce GT à proposer à la Direction de l'Eau et de la Biodiversité du MEDDE différents scénarios impliquant de 2 à 4 laboratoires. La décision s'est orientée vers la réalisation des analyses par 3 laboratoires : LPTC (Bordeaux), CNRS (Solaize) et BRGM (Orléans).

Des 191 molécules sélectionnées, 189 ont pu être analysées dont 34 par les laboratoires du BRGM. Ceci correspond à la mise en œuvre de sept filières analytiques différentes pour chaque échantillon (illustration 33). Le GT « analyse » qui a piloté la sélection des laboratoires pour la campagne a également élaboré un cahier des charges pour le contrôle qualité des analyses. Ce cahier des charges a été appliqué par le BRGM dans le cadre de cette campagne.

Code Sandre	Code CAS	Substance	Famille	Limite de quantification (µg/l)	Filière analytique
2013	84-65-1	Anthraquinone	phytopharmaceutiques	0,05	GCMS
1675	61213-25-0	Flurochloridone	phytopharmaceutiques	0,05	
1535	114-26-1	Propoxur	phytopharmaceutiques	0,05	
1432	53112-28-0	Pyrimethanil	phytopharmaceutiques	0,05	
1128	133-06-2	Captane	phytopharmaceutiques	0,1	
1192	133-07-3	Folpel	phytopharmaceutiques	0,1	
1119	42576-02-3	Bifenox	phytopharmaceutiques	0,05	
1863	95465-99-9	Cadusafos	phytopharmaceutiques	0,05	GCMS
1131	786-19-6	Carbophenothion	phytopharmaceutiques	0,05	
1492	298-04-4	Disulfoton	phytopharmaceutiques	0,05	
1495	13194-48-4	Ethoprophos	phytopharmaceutiques	0,05	
1499	22224-92-6	Fenamiphos	phytopharmaceutiques	0,05	
1976	42509-80-8	isazofos	phytopharmaceutiques	0,05	
1237	2310-17-0	Phosalone	phytopharmaceutiques	0,05	
1267	13071-79-9	Terbuphos	phytopharmaceutiques	0,05	LCMSMS
1686	314-40-9	Bromacil	phytopharmaceutiques	0,01	
6618	1222-05-5	Galaxolide	autres émergents	0,03	GCMS
6727	3778-73-2	lfosfamide	pharmaceutiques	0,05	LCMSMS
7011	53949-53-4	1 hydroxyibuprofène	pharmaceutiques	0,05	
1104	834-12-8	Ametryne	phytopharmaceutiques	0,005	LCMSMS
1108	6190-65-4	Deethylatrazine	phytopharmaceutiques	0,005	
1673	51235-04-2	Hexazinone	phytopharmaceutiques	0,005	
2045	30125-63-4	erbuthylazine déséth	phytopharmaceutiques	0,005	
1221	51218-45-2	Metolachlor	phytopharmaceutiques	0,005	
2974	87392-12-9	S-Metolachlor	phytopharmaceutiques	0,1	
2014	60207-31-0	Azaconazole	phytopharmaceutiques	0,01	LCMSMS
1683	1982-47-4	Chloroxuron	phytopharmaceutiques	0,03	
1680	94361-06-5	Cyproconazole	phytopharmaceutiques	0,005	
1359	121552-61-2	Cyprodinil	phytopharmaceutiques	0,01	
1405	79983-71-4	Hexaconazole	phytopharmaceutiques	0,01	
1704	35554-44-0	Imazalil	phytopharmaceutiques	0,01	
1672	82558-50-7	Isoxaben	phytopharmaceutiques	0,02	
1879	125116-23-6	Metconazole	phytopharmaceutiques	0,015	
1092	52888-80-9	Prosulfocarbe	phytopharmaceutiques	0,015	
1694	107534-96-3	Tebuconazole	phytopharmaceutiques	0,015	
1532	709-98-8	Propanil	phytopharmaceutiques	0,005	

illustration 33 : Liste des molécules analysées par les laboratoires du BRGM dans le cadre de l'étude prospective DOM 2012-2013

5.1.2. Réalisation des analyses et contrôles qualité

Les analyses de la première campagne au laboratoire du BRGM ont débuté le 6 avril 2012 avec les échantillons provenant de Mayotte. Elles se sont terminées le 9 août 2012. Pour la deuxième campagne, elles ont débuté le 7 septembre 2012 (Mayotte) et se sont achevées en février 2013 (Réunion).

Les résultats d'analyse ont été transmis à l'INERIS via le fichier de saisie validé en GT « analyse ».

Les contrôles qualité prévus au cahier des charges du GT « analyse » de la campagne ont été réalisés en parallèle des analyses. Il s'agit des contrôles suivants :

- blanc méthode : 3 « blancs méthodes » ont été réalisés sur chacune des deux campagnes. Ces blancs ont pour objectif de vérifier l'absence de contamination lors de l'application de la méthode d'analyse en laboratoire,
- vérification de la limite de quantification : 3 vérifications de la limite de quantification ont été réalisées sur la durée de réalisation de la première campagne. Ces vérifications ont été réalisées sur l'ensemble de la méthode en utilisant une eau souterraine dopée. Elles permettent de confirmer « en routine » la fiabilité de la limite de quantification annoncée en amont de la campagne,
- la limite de quantification a été vérifiée à chaque séquence d'analyse à l'aide d'une solution étalon. Le taux de récupération de la méthode a été vérifié une fois au cours de la campagne. Cette vérification a été effectuée sur une eau souterraine dopée. Ce dernier contrôle a pour objectif de tester pendant la campagne la justesse de l'analyse.

Ces contrôles n'ont montré aucune anomalie pouvant mettre en cause la fiabilité des résultats. Le cahier des charges analytiques mentionnait également la réalisation d'une étude de stabilité (cf. paragraphe 5.1.4).

5.1.3. Difficultés rencontrées par rapport au cahier des charges analytique.

Les résultats rendus ne sont pas en accord avec le cahier des charges sur les 2 points suivants :

- Une erreur dans l'offre initiale du BRGM a conduit à indiquer une LQ de 0,005 µg/L pour le S-métolachlore. Cette limite de quantification est en fait de 0,1 µg/L. En parallèle, le métolachlore total (incluant la forme énantiomérique S) est analysé lui avec une LQ de 0,005 µg/L. Beaucoup de résultats étant inférieurs à 0,005 µg/L pour le métolachlore, cette erreur n'a que peu d'impact sur l'exploitation des résultats pour le S-métolachlore. Cette anomalie a été détectée et mentionnée en juillet 2012 à l'issue de la première campagne.
- Les analyses effectuées par la filière analytique GCMS (15 molécules) sur l'échantillon PtMar08 (Chez Lélène – 1168ZZ0054, cf. illustration 9) ont montré une difficulté analytique particulière (effet de matrice) entraînant un relèvement de la limite de quantification d'un facteur 5.

5.1.4. Etudes de stabilité.

Dans les cas des études DOM, les temps de transports des échantillons depuis l'échantillonnage jusqu'au laboratoire peuvent être longs. Il avait donc été décidé au sein du GT « analyse » de faire réaliser par les laboratoires d'analyses et pour chaque substance de l'étude, une étude de stabilité sur 7 jours.

Lors de la première campagne qui a débuté en avril 2012, un contrôle de la stabilité des échantillons a été mis en œuvre. Il s'est effectué de la façon suivante :

- Préparation : dopage à une concentration voisine de 10 fois la LQ d'une matrice d'eau souterraine.
- Échantillons étudiés : 3 échantillons dopés ont été étudiés pour chaque durée prise en compte.

Les échantillons ont été analysés après respectivement 4 heures, 24 heures, 3 jours et 7 jours. Durant la période de conservation, ils ont été maintenus à une température de $4 \pm 2^\circ\text{C}$.

L'illustration 34 présente les caractéristiques de l'échantillon ayant servi aux essais de stabilité.

Paramètre	COD	Cond. 25°C	Ca	Cl	K	Mg	NO3	Na	pH	SO4	SiO2	CO3	HCO3
Unité	mg/L	µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	U	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Echantillon utilisé pour les dopages	0,9	426	70,3	19,1	3,1	4,0	1,3	10,4	7,65	4,1	31,8	<5	221

illustration 34 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau souterraine utilisée pour l'étude de stabilité

Les résultats de l'étude de stabilité pour les molécules analysées par le BRGM sont présentés dans l'illustration 35. Les valeurs de dopage de l'eau souterraine sont présentées dans la première colonne. Les 3 colonnes suivantes donnent le taux de recouvrement (en %) obtenus par rapport à la valeur de dopage. La première extraction a eu lieu 5 heures après le dopage.

Hormis pour 2 molécules, et compte tenu des incertitudes analytiques, les molécules se sont révélées stables pour l'échantillon utilisé et dans les conditions de l'essai.

Pour le captane et le folpel, les molécules n'ont pas été retrouvées y compris quelques heures après le dopage (moins de 30 % après 4 heures). Cette observation effectuée pour une matrice donnée et pour un seul laboratoire devra être confirmée. Cependant, les données physico-chimiques disponibles (DT50 par exemple) confortent ces observations. Si ces données sont confirmées, la surveillance de ces molécules n'est donc pas réalisable dans les conditions de prélèvements actuelles en DOM et il sera nécessaire de s'intéresser aux produits de dégradation de ces molécules (tétrahydrophthalimide, acide tétrahydrophthalamique pour le captane et phtalimide pour le folpel).

	Dopage ($\mu\text{g/l}$)	Délai d'extraction (en jours)			
		0,25	1	3	7
Amétryne	0,1	120	103	118	118
Anthraquinone	0,2	100	98	105	102
Azaconazole	0,1	96	89	94	92
Bifenox	0,2	80	85	85	90
Bromacil	0,1	118	130	132	119
Cadusafos	0,2	107	105	112	112
Captan	0,2	-	-	-	-
Carbophenothion	0,2	90	87	87	87
Chloroxuron	0,1	71	68	70	66
Cyproconazole	0,1	87	75	86	85
Cyprodinil	0,1	113	95	120	113
Disulfoton	0,2	85	85	82	97
Déséthylatrazine	0,1	101	92	103	99
Déséthylterbutylazine	0,1	100	95	108	97
Ethoprophos	0,2	112	110	123	115
Flurochloridone	0,2	92	93	95	95
Folpel	0,2	-	-	-	-
Fénamiphos	0,3	91	92	96	102
Galaxolide (HHCB)	0,1	96	92	104	95
Hexaconazole	0,1	92	83	92	89
Hexazinon	0,1	96	87	97	93
Imazalil	0,1	68	93	112	100
Isazophos	0,2	100	98	102	100
Isoxaben	0,1	68	68	69	67
Metconazole	0,1	94	85	96	96
Métolachlor	0,1	96	85	97	96
Phosalone	0,2	87	87	88	88
Propanil	0,1	101	90	101	102
Propoxur	0,1	130	117	127	130
Prosulfocarbe	0,1	73	63	85	86
Pyrimethanil	0,2	90	92	93	92
Tebuconazole	0,1	83	69	91	94
Terbuphos	0,2	80	82	83	80

illustration 35 : Résultats des essais de stabilité sur les molécules de l'étude prospective DOM analysées par le BRGM (en gris : niveau de dopage en $\mu\text{g/l}$) : les résultats sont exprimés en % de recouvrement par rapport à la concentration de dopage

5.2. ANALYSE DES ELEMENTS MAJEURS

Lors des campagnes de prélèvement, les paramètres in situ mesurés sont le pH, la température de l'eau, la conductivité, le potentiel d'oxydoréduction (Eh) et l'oxygène dissous. Ces paramètres sont présentés dans cette partie.

Dans le cadre de cette étude, les analyses des paramètres physico chimiques suivants ont été réalisées : Ca, Mg, Na, K, Cl, NO₃, SO₄, COD (carbone organique dissous), CO₃ et HCO₃. Ces paramètres permettront une interprétation plus précise des résultats de l'étude (*cf.* paragraphe **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)

Dans le cas de MAR, GUA et GUY, les analyses ont été confiées à un laboratoire local. Dans le cas de MAY et REU, les analyses ont été réalisées dans les laboratoires du BRGM à Orléans.

Les analyses ont été réalisées suivant les protocoles normatifs habituels pour ces paramètres :

- Ca, Mg, Na, K : NF EN ISO 11885 (ICPAES)
- Cl, NO₃, SO₄ : NF EN ISO 1034-1 (Chromatographie ionique)
- CO₃, HCO₃ : NF EN ISO 9963-1 (titrimétrie)
- Carbone Organique Dissous : NF EN 1484

6. Synthèse des paramètres physico-chimiques et ions majeurs dissous

Les paramètres *in situ* ont été mesurés et les ions majeurs analysés dans la mesure du possible pour chaque échantillon collecté lors des deux campagnes de prélèvement en eaux souterraines des DOM. Les résultats sont présentés par DOM ci-après.

Le code du point de prélèvement (PtDomXX) est utilisé pour nommer les points. Afin de distinguer les eaux prélevées pendant la 1^{ère} campagne des eaux prélevées pendant la 2^{ème} campagne de prélèvement, 1 (ou 2) est accolé au code du point de prélèvement pour la 1^{ère} campagne (ou la 2^{ème} campagne). Pour chaque DOM, un tableau présentant les mesures *in situ* et les analyses des ions majeurs reprend l'ensemble des codes/libellés utilisés pour chaque point.

Afin de mieux définir les caractéristiques chimiques des eaux prélevées, il est aisé d'utiliser un diagramme de Piper. Néanmoins, les faciès chimiques des eaux prélevées à chaque point de prélèvement n'ont été représentés sur des diagrammes de Piper que si l'erreur de la balance ionique est comprise entre -5 % et 5 %. Les concentrations des ions pour lesquelles le résultat est inférieur à la limite de quantification (LQ) sont supposées égales à LQ/2, permettant ainsi de se rapprocher d'une erreur de la balance ionique acceptable.

La connaissance des conditions hydroclimatiques au moment des prélèvements et des caractéristiques physico-chimiques des eaux revêt une importance particulière pour interpréter de manière approfondie les résultats sur les molécules organiques recherchées. Les informations créées par l'analyse des faciès chimiques des eaux souterraines prélevées constituent ainsi une partie du socle de données utilisées ultérieurement (en 2014 notamment) pour poursuivre la valorisation de l'étude.

6.1. GUADELOUPE

Les analyses en ions majeurs ont été réalisées par le laboratoire de l'Institut Pasteur de la Guadeloupe (IPG) situé à Pointe-à-Pitre.

Lors de la 1^{ère} campagne de prélèvement, les paramètres *in situ* n'ont pas pu être mesurés au point d'eau Etang-Noir (1161ZZ0002), du fait d'une panne du matériel. Les concentrations en Mg^{2+} de certains points n'ont pas été fournies par le laboratoire d'analyses.

Code point - Campagne	Code BSS	Lieu-dit	Date de prélèvement	T°C	pH	C 25°C (µS/cm)	Eh (mV)	O ₂ (mg/L)	Ca (mg/l)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	HCO ₃ - (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	COD (mg/L)	Balance ionique
PtGua01-1	1141ZZ0019	Duchassaing	23/04/2012	28,4	6,99	1104	n.m	0,91	110	8,6	129	0,89	427	109	31	33	< LQ	3%
PtGua01-2	1141ZZ0019	Duchassaing	15/10/2012	28,4	6,62	1105	n.m	0,88	22	8,4	139	1,4	411,14	99,8	31,4	34,1	0,53	-15%
PtGua02-1	1147ZZ1589	Centrale thermique EDF	24/04/2012	31,6	6,83	9004	n.m	0,12	212	n.m	1698	64	475,8	2777	326	8,5	0,82	
PtGua02-2	1147ZZ1589	Centrale thermique EDF	15/10/2012	30,8	6,72	8700	n.m	0,4	138	n.m	1885	84	542,9	2682	324	< LQ	2	
PtGua03-1	1158ZZ0125	Belle-Terre	19/04/2012	26,6	6,89	374	n.m	1,2	32,06	12,09	22,7	4,33	153,2	26	51,5	6,59	0,96	-9%
PtGua03-2	1158ZZ0125	Belle-Terre	08/10/2012	27,1	6,9	366	n.m	0,62	34	12,7	23	3,9	148,8	20,1	41,2	6,7	0,6	-2%
PtGua04-1	1142ZZ0030	Audoin	23/04/2012	26,8	6,91	1037	n.m	0,09	128	n.m	93	2,2	427	104	31	27	0,77	
PtGua04-2	1142ZZ0030	Audoin	16/10/2012	27,6	6,82	1030	n.m	1,11	142	14	103	2,9	414,8	123	31,2	27,4	1,4	6%
PtGua05-1	1137ZZ0027	CSDU Sainte-Rose	19/04/2012	26,9	5,8	164,4	n.m	n.m	4,87	3,55	18,86	1	38	20,6	4,5	6,7	0,57	1%
PtGua05-2	1137ZZ0027	CSDU Sainte-Rose	08/10/2012	27,3	5,65	146	n.m	n.m	5,3	3,37	18	0,96	32,6	20,1	4,66	6,09	0,65	2%
PtGua06-1	1140ZZ0011	Jabrun	23/04/2012	26,9	7,43	712	n.m	1,29	127	n.m	28	1	353,8	< LQ	11	15	0,67	
PtGua06-2	1140ZZ0011	Jabrun	15/10/2012	27,3	7,25	693	n.m	1,5	40	n.m	34	1,6	348,92	41,9	11,2	15,3	1	
PtGua07-1	1160ZZ0011	Source 2	18/04/2012	27,1	6,91	772	n.m	2,6	97,5	16,96	31,44	1,36	408,7	46	20	6,5	< LQ	-5%
PtGua07-2	1160ZZ0011	Source 2	09/10/2012	29,6	6,98	685	n.m	0,49	41	17	30	1,1	17,3	41,8	14,1	6,77	0,42	44%
PtGua08-1	1161ZZ0002	Etang-Noir	19/04/2012	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	76,6	18,6	39,17	1,19	325,2	51	10,5	4,45	0,5	0%
PtGua08-2	1161ZZ0002	Etang-Noir	09/10/2012	28,1	7,4	650	n.m	0,57	75	30	43	1,1	378,2	49,9	10,7	5,33	0,53	1%
PtGua09-1	1159ZZ0027	La Plaine	19/04/2012	23,2	7,53	95,7	n.m	0,94	5,93	1,48	7,4	2,4	146,4	9,4	2,7	2,01	< LQ	-55%
PtGua09-2	1159ZZ0027	La Plaine	08/10/2012	23,4	7,8	90,6	n.m	0,53	6,3	1,7	8,3	2,5	35,4	8,93	2,7	2,52	0,32	-3%
PtGua10-1	1135ZZ0069	Charropin	20/04/2012	26,7	7,01	1535	n.m	0,35	126	16,6	153	2,49	366	433	45,5	3,69	n.m	-14%
PtGua10-2	1135ZZ0069	Charropin	16/10/2012	27,9	6,86	1431	n.m	0,98	150	19	161	3,2	300,12	305	43,6	3,6	n.m	5%

illustration 36 : Mesures in situ et analyses des ions majeurs en Guadeloupe (n.m : non mesuré), $LQ_{NO_3} = 1 \text{ mg/L}$, $LQ_{COD} = 0,5 \text{ mg/L}$

Sur l'ensemble des points de prélèvements, les températures s'échelonnent de 23,4 à 31,6°C. Les mesures de pH restent relativement proches de la neutralité sauf pour le point d'eau localisé à la CSDU de Ste-Rose (PtGua05).

La conductivité mesurée est comprise entre 90,6 et 9004 µS/cm. Les conductivités sont légèrement inférieures en période d'hivernage (saison des pluies), dû à un effet de dilution par les eaux météoriques de la saison humide. Dans l'ensemble, on constate que les eaux souterraines de Grande-Terre tendent à une conductivité supérieure à 1000 µS/cm.

Au contraire, en Basse-Terre, les conductivités sont plus faibles (inférieures à 1000 µS/cm). Les précipitations sont plus abondantes sur les reliefs de la Basse-Terre engendrant une dilution généralement plus marquée.

Pour mieux définir les caractéristiques chimiques des eaux de Guadeloupe, le diagramme de Piper est utilisé (illustration 37). Les points PtGua02 (Centrale Thermique Jarry), PtGua06 (Jabrun) et PtGua04-1 (Audoin) n'ont pas pu être représentés sur le diagramme de Piper car les valeurs de concentration en magnésium n'ont pas été fournies par le laboratoire d'analyses.

Enfin, certains points présentaient une erreur de la balance ionique trop élevée ($> \pm 5\%$; analyses physico-chimiques du laboratoire partiellement satisfaisantes), ils n'ont pas pu être représentés sur le diagramme de Piper (faciès hydrochimique non représentatif). Les points d'eau concernés sont les suivants : PtGua01-2, PtGua03-2, PtGua07-1, PtGua09-1 et PtGua10-1.

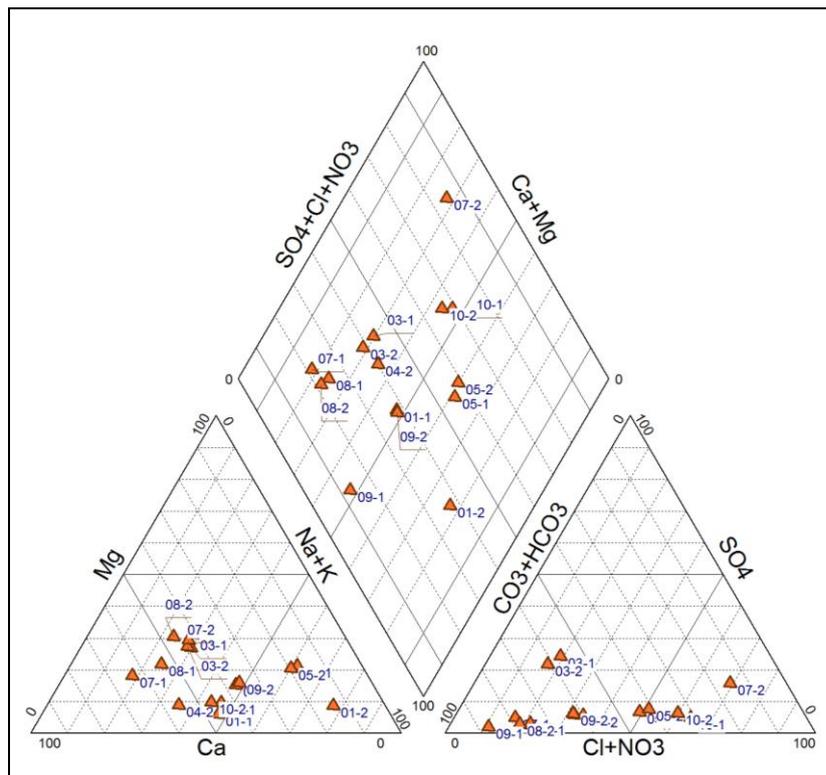


illustration 37 : Représentation par le diagramme de Piper des analyses en ions majeurs des eaux prélevées en Guadeloupe

Quatre faciès chimiques apparaissent selon la position des points sur le diagramme,

- bicarbonaté (PtGua03-2, PtGua09-2, PtGua01-1)
- bicarbonaté calcique (PtGua04-2, PtGua08-1, PtGua08-2, PtGua07-1)
- chloruré calcique (PtGua10-2)
- chloruré sodique et potassique (PtGua05-1 et PtGua05-2)

D'après l'étude de Dumon et Ducreux en 2011, le point PtGua03 (Belle-Terre) a un faciès de type bicarbonaté-calcique à tendance sulfaté. La proximité du massif de la soufrière amène à s'interroger sur une potentielle influence de son système hydrothermal sur le faciès chimique de la source. Une synthèse bibliographique de la géochimie des eaux du massif volcanique de la Soufrière est présentée dans l'étude de Brenot et al., 2008, précisant que les andésites à basalte de la série alcaline faiblement potassique de la Soufrière sont à l'origine des fortes teneurs en calcium et en ions sulfates et chlorures.

Les points situés dans le nord et à l'est de Basse-Terre (illustration 5), respectivement PtGua05 (CDSU Ste-Rose) et PtGua02 (Centrale EDF), sont moins documentés dans les études citées ci-dessus. Néanmoins on observe que les eaux au point PtGua05 (CDSU Ste-Rose) sont acides (pH = 5,7) et peu minéralisées, riches en sodium et potassium et pauvres en bicarbonates.

Une synthèse bibliographique des éléments majeurs dans les eaux souterraines de Grande-Terre est présentée dans l'étude de Brenot et al., 2008. D'après Petit et Dourgaparsad (1993) deux composantes régissent la composition chimique de la nappe de Grande-Terre :

- La nature calcaire des formations géologiques qui composent Grande-Terre et qui impose un faciès bicarbonaté-calcique aux eaux de la nappe ;
- La proximité de la mer crée une interface eau douce/eau salée le long des côtes ; cette interface a tendance à pénétrer vers l'intérieur des terres quand les niveaux piézométriques sont peu élevés en raison du contexte naturel ou d'un rabattement de la nappe dû à un pompage.

Le point PtGua10 (Charropin), situé au nord de Grande-Terre, a un faciès de type chloruré calcique ; il tend vers un faciès chloruré sodique, ce qui pourrait indiquer une potentielle influence marine dans ce secteur (Ducreux, 2013). En effet d'après l'étude de Dörfliger et al., 2011, sur les plateaux du Nord de Grande-Terre en bordure des côtes, l'interface eau douce/eau salée est inférieure à -50 m mais peut descendre jusqu'à 100m

Le forage de Duchassaing, localisés sur les plateaux de l'Est de Grande-Terre, présente un faciès bicarbonaté calcique. La salinité des eaux souterraines de ce secteur est vraisemblablement due à une intrusion marine (Dörfliger et al., 2011).

Les eaux des points situés à Marie Galante, PtGua07 (Source 2) et PtGua08 (Etang-Noir), sont de type bicarbonaté calcique. Les eaux souterraines de Marie-Galante ne présentent pas de tendance évolutive vers un faciès chloruré sodique. Les faciès chimique constatés peuvent s'expliquer par la présence du substratum volcano-sédimentaire au centre du système des eaux et qui joue un rôle de protection vis-à-vis des remontées verticales d'eau salée (Dörfliger et al., 2011).

6.2. GUYANE

Lors de la 2^{ème} campagne et pour certains prélèvements, les paramètres in situ n'ont pas pu être mesurés, dû à un dysfonctionnement du matériel.

Les analyses des ions majeurs ont été réalisées par le laboratoire de l'institut Pasteur de Guyane et sont représentées sur le diagramme de Piper (illustration 39).

Code point - Campagne	Code BSS	Lieu-dit	Date de prélèvement	T°C	pH	C 25°C (µS/cm)	Eh (mV)	O2 (mg/L)	Ca (mg/l)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	HCO3- (mg/L)	Cl (mg/L)	SO4 (mg/L)	NO3 (mg/L)	COD (mg/L)	Balance ionique
PtGuy01-1	1199A80002	AEP Grand Santi	08/06/2012	28,7	6,8	123	176	2,6	23,75	4,95	8,39	0,76	110,3	2,4	2,3	2,1	< LQ	1%
PtGuy01-2	1199A80002	AEP Grand Santi	13/12/2012	29,1	6,7	236	97,5	5,33	23,31	4,98	8,47	0,75	112,2	2,4	2,3	2,76	< LQ	1%
PtGuy02-1	1205D60001	AEP Maripasoula	11/06/2012	28,2	6,9	220	190	1,78	21,46	10,33	10,78	0,63	144,4	1,8	< LQ	< LQ	3,33	1%
PtGuy02-2	1205D60001	AEP Maripasoula	03/12/2012	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	22,22	9,21	11,08	0,66	139	2	< LQ	< LQ	< LQ	0%
PtGuy03-1	1189A90004	PMH Sparouine	13/06/2012	27,8	5	45	169	3,2	< LQ	1,6	4,51	0,78	< LQ	4,6	< LQ	6,88	< LQ	4%
PtGuy03-2	1189A90004	PMH Sparouine	26/11/2012	28	5,1	46,1	220	4,7	1,2	1,69	4,59	0,81	< LQ	4,7	< LQ	7,39	< LQ	8%
PtGuy04-1	1193C70004	Adotian	07/06/2012	28,5	4,8	37	156	2,3	4,11	< LQ	5,76	< LQ	< LQ	6,9	< LQ	10,25	< LQ	3%
PtGuy04-2	1193C70004	Adotian	13/12/2012	28,3	4,6	19	278,8	4,97	3,38	< LQ	3,37	< LQ	< LQ	2,7	< LQ	7,25	< LQ	10%
PtGuy05-1	1215C20002	AEP Camopi	11/06/2012	26,1	5,4	29	176	1,15	1,34	0,58	2,09	0,5	< LQ	2,3	< LQ	< LQ	< LQ	10%
PtGuy05-2	1215C20002	AEP Camopi	03/12/2012	26,3	5,4	n.m	221	n.m	2,11	1,03	3,32	1,18	< LQ	3,3	6,8	1,85	1,18	1%
PtGuy06-1	1188A60058	Acarouany	14/06/2012	27,5	4,1	42	191	1,59	< LQ	0,63	2,88	< LQ	< LQ	4,8	1,1	6,12	< LQ	-10%
PtGuy06-2	1188A60058	Acarouany	29/11/2012	27,7	4,2	50,8	351	4,33	< LQ	1,03	2,44	0,98	< LQ	4,1	1,9	10,94	< LQ	-17%
PtGuy07-1	1197A60060	Piézo Vieux Chemin	04/06/2012	29,6	4,5	23	173	3,51	1,73	< LQ	3,98	< LQ	< LQ	4,4	1,1	6,92	< LQ	-6%
PtGuy07-2	1197A60060	Piézo Vieux Chemin	28/11/2012	30,1	4,3	37,7	343	3,9	< LQ	< LQ	2,71	< LQ	< LQ	3,8	1,1	4,34	< LQ	-15%
PtGuy08-1	1197A30445	Puits privé	04/06/2012	27,5	6,1	296	197	0,7	42	3,29	23,08	3,91	100	37,5	22,1	21,54	< LQ	0%
PtGuy08b-2	1197A30446	Arago	04/12/2012	28,8	5,4	n.m	221	n.m	19,92	0,98	9,78	4,48	26,48	15	14,5	23,68	1,59	2%
PtGuy09-1	1197A60180	Station compostage	04/06/2012	29,7	4,5	170	167	0	3,12	6,5	15,07	8,78	< LQ	34,4	29,3	< LQ	1,32	-3%
PtGuy09-2	1197A60180	Station compostage	28/11/2012	31,4	4,7	235	181,6	6,4	3,39	6,12	15,14	6,61	< LQ	30,5	48,2	1,06	1,6	-13%
PtGuy10-1	1192D50083	P1 - SARA - Kourou	05/06/2012	30,2	6,4	1200	161	1,5	9,95	7,15	70,73	6,8	< LQ	120,6	9	19,66	3,44	4%
PtGuy10-2	1192D50083	P1 - SARA - Kourou	27/11/2012	31,6	6,5	22800	-179,6	2,78	131	534	n.m	163	1136	8570	44	< LQ	5,78	

illustration 38 : Mesures in situ et analyses des ions majeurs en Guyane (n.m : non mesuré),

$LQ_{Ca} = 1 \text{ mg/L}$, $LQ_{Mg} = 0.5 \text{ mg/L}$, $LQ_{HCO_3} = 12.2 \text{ mg/L}$, $LQ_K = 0.5 \text{ mg/L}$, $LQ_{SO_4} = 1 \text{ mg/L}$, $LQ_{NO_3} = 1 \text{ mg/L}$, $LQ_{COD} = 1 \text{ mg/L}$

La température de l'eau mesurée est comprise entre 26,1°C et 30,2°C en saison des pluies et entre 26.3°C et 31.6°C en saison sèche. Cette température élevée est caractéristique du climat équatorial de la Guyane. Les eaux présentent des valeurs de pH majoritairement acides comprises entre 4,1 et 6,9 en période de hautes eaux et entre 4,2 et 6,7 en période de basses eaux.

Le point de prélèvement implanté à Kourou (PtGuy10) se situe à environ 250 m du fleuve Kourou et 3500 m de l'embouchure du fleuve sur un site industriel. Lors de la première campagne, les prélèvements ont été effectués en début de marée montante et lors de la deuxième, pendant la marée montante (3h après le début). En période de hautes-eaux, la valeur de conductivité est de 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tandis qu'en période de basses-eaux la valeur de conductivité est de 22800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Or en saison sèche, le fleuve Kourou est soumis à des remontées du front salin (Bourdaa, 2011). On peut donc supposer une influence océanique sur le point de Kourou, d'autant plus importante en période de basses-eaux.

Les eaux de plusieurs points en Guyane étant très peu minéralisées, les concentrations en éléments majeurs sont quelquefois inférieures à la limite de quantification (illustration 38). Les concentrations des ions pour lesquelles le résultat est inférieur à la limite de quantification (LQ) sont supposées égales à LQ/2.

Les analyses des ions majeurs sont représentées par le diagramme de Piper (illustration 39), cependant deux points, PtGuy06 (Acarouany) et PtGuy07 (Piézo Vieux Chemin) n'ont pas pu être illustrés sur le graphique, dû à des erreurs des balances ioniques des analyses de la première et de la deuxième campagne trop importantes, de même pour les points PtGuy03-2, 04-2, 05-1, 09-2. Le point PtGuy10-2 n'est pas représenté car l'analyse du sodium manquait.

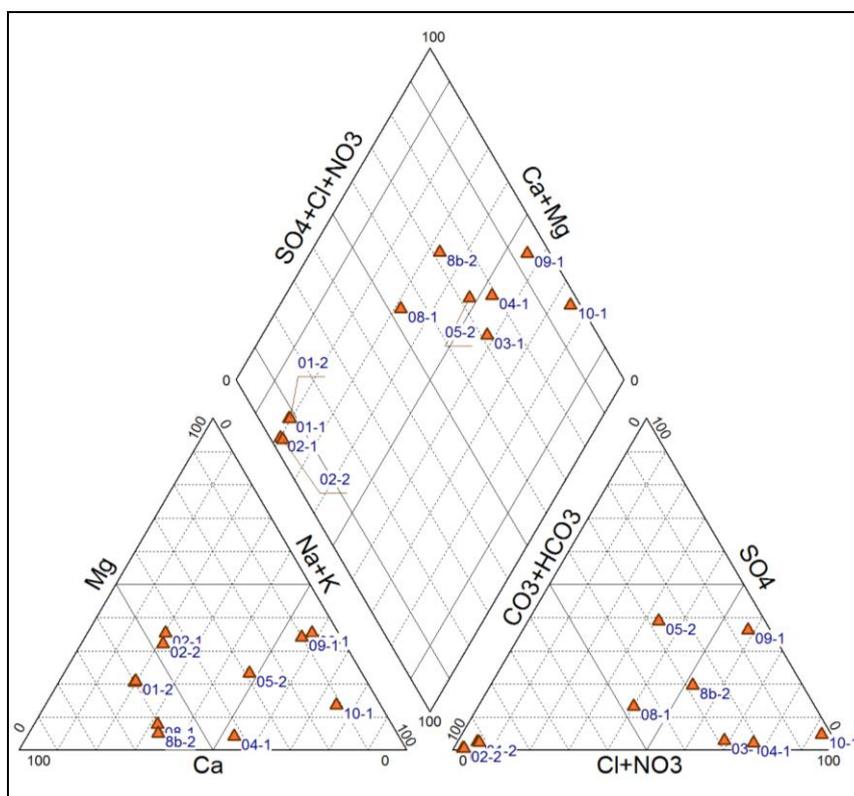


illustration 39 : Représentation par le diagramme de Piper des analyses en ions majeurs des eaux prélevées en Guyane

Trois faciès chimiques apparaissent selon la position des points sur le diagramme.

- bicarbonaté calcique (PtGuy01 et 02)
- chlorurée calcique (PtGuy08 et 8b)
- chlorurée sodique et potassique (PtGuy03, 04, 09, 10)

Les points PtGuy03 (PMH Sparouine) et PtGuy09 (Station compostage) sont des sources. Le point PtGuy04 (Adotian) atteint une profondeur de 4 m. Les points PtGuy03 (PMH Sparouine) et PtGuy04 (Adotian) sont à proximité du fleuve Le Maroni, marquant la frontière avec le Surinam. Les points PtGuy01 (AEP Grand Santi) et PtGuy02 (AEP Maripasoula), plus profonds (25 et 19 m), également à proximité du fleuve Maroni ont un faciès bicarbonaté calcique.

Les points PtGuy08-1 (Puits privé) et 8b-2 (Arago) se situent sur la bande côtière à environ 3 km du littoral. Les eaux du point PtGuy05 (AEP Camopi) n'ont pas de faciès marqué par la dominance d'un cation ou un anion. En effet les eaux sont très peu minéralisées avec un pH faible (pH=5,4).

D'après l'étude de Négrel et Pételet en 2001, les eaux souterraines sont incluses dans les quatre grandes classes hydrochimiques : eau sulfatée-calcique (eaux souterraines provenant des cordons littoraux et une source sur altérites), eau bicarbonaté-sodique sur le site de Camopi, eau chlorurée-sodique dans les eaux d'altérites du moyen Maroni et Inini et la majorité des eaux se situant dans le domaine bicarbonaté-calcique.

Les eaux souterraines prélevées dans le socle fracturé montrent un net enrichissement en Ca et Mg. Celles prélevées dans les cordons littoraux ou les zones d'altérites ont des faciès similaires aux eaux de surface (Négrel et Pételet, 2001).

Le chlore des eaux majoritairement d'origine marine et la comparaison de ce dernier avec les autres éléments chimiques met en évidence des enrichissements (Ca, Na, Mg, K...) à relier avec des processus d'interaction eau-roche, quelques cas d'enrichissements en Cl sont à rapprocher d'activités anthropogéniques (Négrel et Pételet, 2001).

6.3. MARTINIQUE

Lors de la 1^{ère} campagne de prélèvement, une panne de la sonde pH en cours de campagne n'a pas permis la mesure systématique de ce paramètre. Lors de la 2^{ème} campagne de prélèvement, les mesures du potentiel redox (Eh) sont absentes, car la sonde est tombée en panne peu de temps avant la campagne.

Les ions majeurs ont été analysés dans les échantillons d'eaux souterraines prélevés lors de la campagne exceptionnelle.

Code point - Campagne	Code BSS	Lieu-dit	Date de prélèvement	T°C	pH	C 25°C (µS/cm)	Eh (mV)	O2 (mg/L)	Ca (mg/l)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	HCO3- (mg/L)	Cl (mg/L)	SO4 (mg/L)	NO3 (mg/L)	COD (mg/L)	Balance ionique
PtMar01-1	1178ZZ1711	UIOM-Sara	16/04/2012	30,6	6,17	1812	170,6	5,15	34	25	270	4,5	86,3	476	37,2	5,5	0,99	0%
PtMar01-2	1178ZZ1711	UIOM-Sara	05/11/2012	30,3	6,2	1829	n.m	5,71	34	25	270	4	81,5	483	37,1	6,21	0,66	1%
PtMar02-1	1179ZZ0202	Place d'Armes	16/04/2012	27,7	7,6	560	-270,2	0,04	25	11	77	3,5	238	55,1	16,5	< LQ	0,43	-2%
PtMar02-2	1179ZZ0202	Place d'Armes	06/11/2012	27,7	7,7	546	n.m	1,53	23	11	78	3,7	227,3	49	13,6	< LQ	0,38	1%
PtMar03-1	1178ZZ2018	La Meynard	10/04/2012	27,7	6,24	2440	152,1	4,55	180	90	140	3,4	111,6	674	57,4	2,73	15	1%
PtMar03-2	1178ZZ2018	La Meynard	05/11/2012	28,3	6,3	2210	n.m	3,7	160	81	130	3,2	112,7	622	57,3	3,38	0,4	1%
PtMar04-1	1177ZZ0078	Case Navire	23/04/2012	28,1	n.m	776	109,1	2,65	63	26	2,5	2,5	213,5	124	14,4	1,02	1,09	-15%
PtMar04-2	1177ZZ0078	Case Navire	05/11/2012	28,7	6,8	712	n.m	1,28	33	24	72	3,7	219,3	108	7,13	< LQ	0,52	0%
PtMar05-1	1183ZZ0052	Fougainville	24/04/2012	27,7	n.m	453	147,9	3,49	25,5	12,2	40,9	2,2	101	63,7	18,3	14,6	< LQ	1%
PtMar05-2	1183ZZ0052	Fougainville	13/11/2012	27,3	6,3	467	n.m	3,71	26,7	12,5	41,4	2,1	101	92,4	19,9	16,4	0,5	-8%
PtMar06-1	1179ZZ0228	Habitation Victoire	17/04/2012	29	6,37	822	104,8	2,5	55,2	17,2	45,8	0,9	204	83,9	18,3	5	0,6	0%
PtMar06-2	1179ZZ0228	Habitation Victoire	12/11/2012	27	6,8	642	n.m	1,45	56,3	16,5	46,1	0,9	207	112	20,6	9,3	0,5	-7%
PtMar07-1	1166ZZ0026	Chalvet	24/04/2012	27,4	n.m	482	192	5,8	29,5	14,7	28,4	13,9	76	49,5	34,8	55,6	0,7	0%
PtMar07-2	1166ZZ0026	Chalvet	13/11/2012	27,3	6,3	416	n.m	5,62	24,8	12,2	24,1	12,5	64	40,5	42,8	43	0,7	-2%
PtMar08-1	1168ZZ0054	Chez Ielene	23/04/2012	26,9	n.m	330	135,7	6,17	29	8,6	16,6	4,2	65	18,3	38,9	35,5	0,8	0%
PtMar08-2	1168ZZ0054	Chez Ielene	12/11/2012	26,5	6,6	333	n.m	6,73	28,5	8,2	16,2	4	60	20	38,7	37,3	0,6	1%
PtMar09-1	1179ZZ0282	Morne Pitault	10/04/2012	26,6	6,71	388	164,2	4,91	40	10	22	1,2	163,5	29,7	8,2	5,38	25,5	0%
PtMar09-2	1179ZZ0282	Morne Pitault	06/11/2012	26,3	6,8	389	n.m	5,86	39	10	22	1,2	160,1	29,7	8,22	5,4	0,69	0%

illustration 40 : Mesures in situ et analyses des ions majeurs en Martinique (n.m : non mesuré), $LQ_{NO3} = 0,3 \text{ mg/L}$, $LQ_{COD} = 0,5 \text{ mg/L}$

Sur l'ensemble des points de prélèvements, les températures s'échelonnent de 26,6 à 30,6 °C en basses-eaux et de 26,3 à 30,3 °C en hautes-eaux. La conductivité mesurée est comprise entre 330 et 2440 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en basses-eaux et 333 et 2210 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en hautes-eaux.

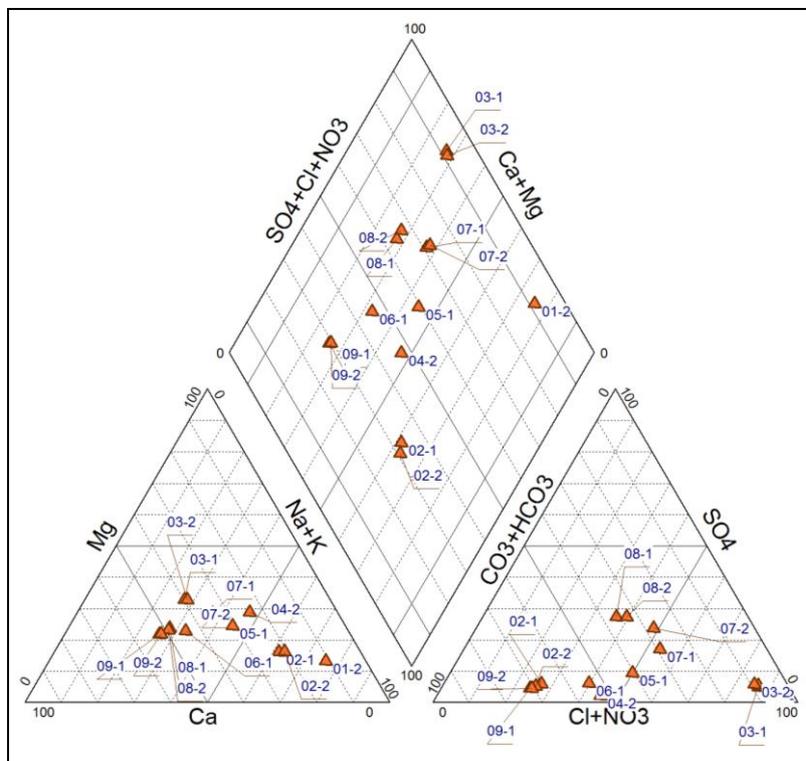


illustration 41 : Représentation par le diagramme de Piper des analyses en ions majeurs des eaux prélevées en Martinique

L'ensemble des points se situent dans un contexte volcanique. Les faciès chimiques des eaux prélevées en Martinique sont hétérogènes et varient du faciès bicarbonaté au faciès chloruré pouvant être marqué par une dominance calcique et magnésienne ou sodique et potassique.

Les eaux des points PtMar07 et 08, respectivement Chalvet et Chez Lélène, révèlent des teneurs importantes en nitrates, comprises entre 37 et 56 mg/L. De fortes concentrations en potassium sont mesurées au point PtMar07 (Chalvet). D'après l'étude de Lions et al., 2008, la présence de potassium en domaine volcanique altéré peut s'expliquer par l'altération des roches potassiques (biotite, feldspath). Cependant ces fortes teneurs observées à Basse Pointe conjointement à des fortes teneurs en nitrates et en chlorures suggèrent une contamination agricole voire également marine (Lions et al., 2008, Brenot et al., 2008).

L'étude de Brenot et al., 2008 a permis de caractériser la géochimie des eaux souterraines de Martinique par domaine (ou masse d'eau, illustration 10). Ainsi dans le domaine Centre de la Martinique, où se situent les points PtMar02, 03, 09, et 01, les eaux souterraines semblent majoritairement contrôlées par des apports d'éléments dissous provenant de l'eau de pluie et de la lithologie, pour les points où les concentrations en éléments dissous sont les plus basses. Cette masse d'eau est susceptible d'intégrer, ponctuellement et avec des proportions moindres, de l'eau de mer (Brenot et al., 2008). En effet de fortes concentrations en NaCl sont mesurées aux points PtMar01 (UIOM-Sara) et PtMar03 (La Meynard), par ailleurs fortement minéralisés. Le point PtMar01 est situé à environ 700 m du littoral et atteint une profondeur de 39,5 m.

Le point PtMar05 (Fougainville), situé dans le domaine Sud Caraïbe, présente un faciès sulfaté-calcique. La composition géochimique de cette masse d'eau semble être contrôlée de manière importante par des éléments dissous provenant de l'eau de mer via l'interaction des eaux souterraines avec le biseau salé (Brenot et al., 2008).

Le point PtMar06 (Habitation Victoire) se situe dans le domaine Sud Atlantique de la Martinique (illustration 10, Brenot et al.2008) et présente un faciès bicarbonaté calcique. Pour ce point les eaux souterraines semblent majoritairement être contrôlées par des apports d'éléments dissous provenant de l'eau de pluie et de la lithologie. (Brenot et al., 2008).

6.4. MAYOTTE

Parmi les 4 points de prélèvement, 3 appartiennent au réseau de surveillance de la qualité, RCS (réseau DCE), PtMay03 (Tsararano 1), PtMay02 (Kaweni F3) et PtMay01b (Kwalé). Ainsi, il a été possible d'utiliser les résultats des analyses des ions majeurs effectuées en 2012 dans le cadre de ce réseau de surveillance. Les analyses ont été réalisées par le laboratoire du BRGM à Orléans.

Code point - Campagne	Code BSS	Lieu-dit	Date de prélèvement	T°C	pH	c 25°C (µS/cm)	eH (mV)	O2 (mg/L)	Ca (mg/l)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	HCO3- (mg/L)	Cl (mg/L)	SO4 (mg/L)	NO3 (mg/L)	COD (mg/L)	Balance ionique
PtMay01-1	12307X0013	Kaweni F1	03/04/2012	28,5	6,79	455	220,4	4,1	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	
PtMay01b-2	12307X0022	Kwalé	05/09/2012	27	7,63	349	201	7,5	21,3	17,6	19	2,2	189	15,2	2,3	0,8	1,4	-3%
PtMay02-1	12307X0021	Kaweni F3	03/04/2012	28,9	7,32	467	204	5,3	24,3	14,9	47,3	8,2	237	25,3	3,3	1,6	< LQ	0%
PtMay02-2	12307X0021	Kaweni F3	04/09/2012	28,6	7,4	465	118	5,7	23	13,4	46	7,9	238	25,1	3,5	2,5	3,6	-3%
PtMay03-1	12313X0021	Tsararano 1	03/04/2012	27,5	5,51	124,6	278	0,4	8,1	4	9,6	1	47	10,1	3	< LQ	< LQ	3%
PtMay03-2	12313X0021	Tsararano 1	04/09/2012	27,2	5,67	138	229	0,8	9	4,5	10,3	1,4	61	9,3	3,1	< LQ	1,2	1%

illustration 42 : Mesures in situ et analyses des ions majeurs à Mayotte (n.m : non mesuré), $LQ_{NO_3} = 0,5 \text{ mg/L}$, $LQ_{COD} = 0,5 \text{ mg/L}$

Le pH varie de 5,5 à 7,6 et la conductivité de 125 à 465 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Pour mieux définir les caractéristiques chimiques des eaux de Mayotte, le diagramme de Piper est utilisé. Le point PtMay01-Kaweni F1 n'a pas été représenté sur le diagramme de Piper car les analyses en ions majeurs n'ont pas été faites.

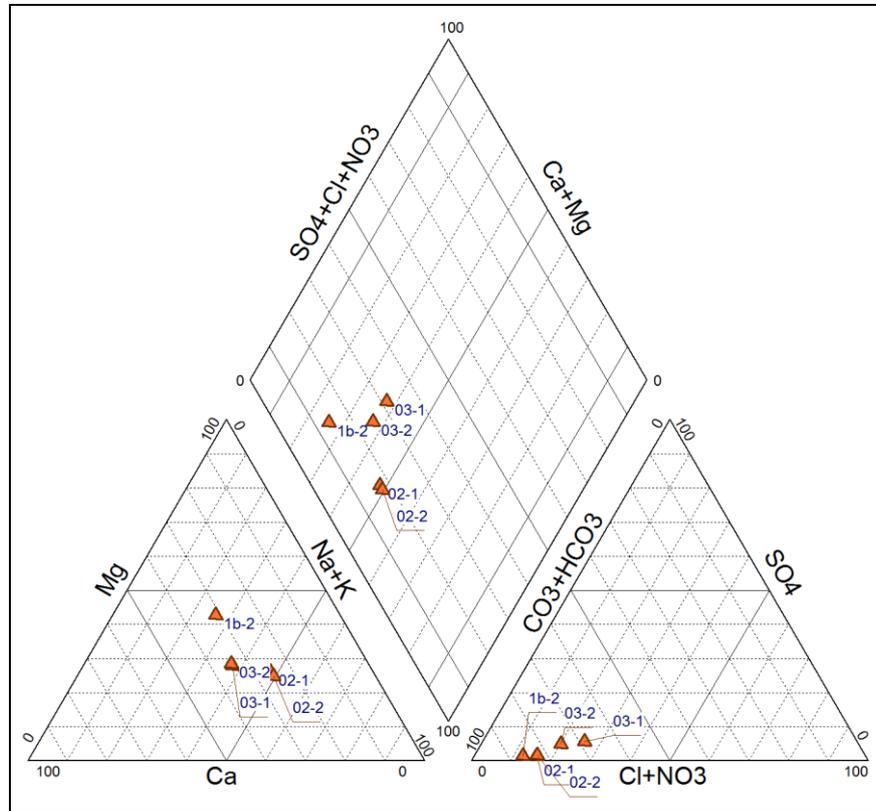


illustration 43 : Représentation par le diagramme de Piper des analyses en ions majeurs des eaux souterraines prélevées à Mayotte

La position regroupée des points sur le diagramme révèle une homogénéité des faciès chimique des eaux souterraines prélevées à Mayotte (sauf le point PtMay01 non représenté).

Une étude hydrochimique de la nappe de Kawéni a été menée en 2008, dans laquelle se situent les points PtMay02 (Kawéni F3) et 01 (Kawéni F1), marqués par un faciès bicarbonaté sodique (Malard, et al., 2008). L'enrichissement en Na des eaux des forages de Kawéni semble être relié à des processus d'interaction eau-roche (les roches volcaniques étant riche en Na) (Malard et al., 2008).

Le point PtMay03 (Tsararano 1) est très peu minéralisé et conforme à la typologie des eaux définie dans les aquifères basaltiques (Jaouen et al., 2013).

6.5. REUNION

Les analyses des éléments majeurs contenus dans les eaux souterraines devaient être organisées par l'Office de l'eau Réunion sauf pour le point PtReu01 (source bassin malheur - 12266X0418). Lors de la 1^{ère} campagne, le BRGM a pu se rendre compte qu'aucune analyse n'a été commandée, il a donc été décidé d'envoyer les échantillons au laboratoire d'Orléans pour analyser les ions majeurs, mais avec un mois de retard. Par conséquent les ions HCO_3^-

n'ont pas pu être analysés, dû à leur instabilité dans le temps. Les analyses en ions majeurs n'ont pas été représentés sur un diagramme de Piper, à cause des concentrations en HCO_3^- absentes.

Malheureusement, aucun ion majeur n'a été analysé lors de la 2^{ème} campagne, sauf pour le point PtReu01 (source bassin malheur - 12266X0418), pour lequel les éléments majeurs ont été analysés à la Réunion par le Laboratoire Départemental d'Hygiène du Milieu (LDEHM).

Code point - Campagne	Code BSS	Lieu-dit	Date de prélèvement	T°C	pH	c 25°C (µS/cm)	eH (mV)	O2 (mg/L)	Ca (mg/l)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	HCO3 (mg/L)	Cl (mg/L)	SO4 (mg/L)	NO3 (mg/L)	COD (mg/L)
PtRéu01-1	12266X0418	Source bassin malheur	11/06/2012	n.m	7,21	150	n.m	n.m	10,2	5,6	10,6	1,8	n.m.	7,1	2,8	6,8	< LQ
PtRéu01-2	12266X0418	Source bassin malheur	14/01/2013	18,9	7,3	168,4	n.m	0,4	11	5,8	10	1,8	n.m.	8,4	3,5	9,1	n.m
PtRéu02-1	12288X0045	Forage F5 La Salette	04/06/2012	20,81	7,58	363	n.m	n.m	18	18	33,5	2	n.m.	16,7	5,6	18,6	< LQ
PtRéu02-2	12288X0045	Forage F5 La Salette	14/01/2013	22,77	7,58	311,9	n.m	7,18	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m
PtRéu03-1	12284X0026	Source Fargeau	04/06/2012	21,11	7,64	275	n.m	7,82	15,9	19,6	10,4	0,6	n.m.	15,5	4,9	21,3	< LQ
PtRéu03-2	12284X0026	Source Fargeau	21/01/2013	24,2	7,28	281,9	n.m	6,24	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m
PtRéu04-1	12262X0069	Puits centrale EDF	04/06/2012	25,47	8,21	288	n.m	6,33	20,1	12,2	22,5	2,5	n.m.	9,6	8,1	9,1	0,8
PtRéu04-2	12262X0069	Puits centrale EDF	14/01/2013	25,68	8,07	265	n.m	7,62	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m
PtRéu05-1	12262X0089	Trois chemins Bois de nefles	04/06/2012	22,27	8,25	546	n.m	n.m	14,8	20	61	4,5	n.m.	91,1	22	29,9	0,7
PtRéu05-2	12262X0089	Trois chemins Bois de nefles	14/01/2013	23,66	7,67	593,6	n.m	7,98	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m
PtRéu06-1	12271X0037	Puits zec chaudron	04/06/2012	23,78	7,12	102	n.m	5,94	7,2	4,4	10,5	0,9	n.m.	3,4	1,8	1,8	0,6
PtRéu06-2	12271X0037	Puits zec chaudron	15/01/2013	23,67	6,98	110,7	n.m	6,93	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m
PtRéu07-1	12263X0019	Source Baroi	04/06/2012	18,76	6,16	232	n.m	3,04	14,6	14,9	8,4	1	n.m.	11,4	2	30	0,6
PtRéu07-2	12263X0019	Source Baroi	14/01/2013	20,64	6,31	209,3	n.m	4,37	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m
PtRéu08-1	12271X0090	Forage Bretagne Domenjod	04/06/2012	20,98	8,3	128	n.m	7,04	10,7	6,4	9,4	1,1	n.m.	5,2	1,3	2,5	0,5
PtRéu08-2	12271X0090	Forage Bretagne Domenjod	15/01/2013	21,2	7,72	116	n.m	6,87	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m	n.m

illustration 44 : Mesures in situ et analyses des ions majeurs à la Réunion (n.m : non mesuré), $LQ_{COD} = 0,5 \text{ mg/L}$

Les valeurs de pH mesurées au cours de ces deux campagnes se situent entre 6,2 et 8,3. Les valeurs de conductivité présentent quant à elles des minima situées aux alentours de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et un maximum à environ 590 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les eaux souterraines sont peu minéralisées.

L'étude de Lions et al., 2008 décrit la géochimie des eaux souterraines par secteur. Le secteur des planèzes de l'ouest, dans lequel se situent les points PtReu01 (source malheur) et 05 (trois chemins), est exposé aux intrusions marines de façon préoccupante. Les aquifères des planèzes du massif du Piton des Neiges sont principalement formés par des pyroclastites qui favorisent des échanges eau/roche. D'après la lithologie les eaux sont susceptibles de s'enrichir en Ca, Mg, Fe et Na (Lions et al., 2008). Le point PtReu05 montre une dominance des ions Cl et Na. Ce point atteint 107 m de profondeur et se situe à environ 3 km du littoral.

Le secteur du Port, intégrant les points PtReu04 (plaine des galets) et 07 (source baroi), est exposé aux intrusions salines et aux remontées d'eaux saumâtres par drainance au sein du complexe aquifères des Galets (Lions et al., 2008).

Les points PtReu06 (Zec Chaudron) et 08 (Domenjod) appartiennent au secteur des planèzes est du Piton des Neiges. D'après l'étude de Lions et al., 2008, sur les planèzes, la minéralisation des eaux augmente d'amont en aval selon l'intensité des interactions eau-roche et les eaux côtières sont bien moins minéralisées que celles de la côte ouest du fait de la moindre influence chimique de l'océan.

7. Exploitation des résultats d'analyses des contaminants organiques

L'étude prospective de 2012-2013 a été programmée pour les eaux de surfaces continentales et littorales de la métropole et DOM en plus des eaux souterraines des DOM. L'étude prospective de 2012 a été coordonnée par l'INERIS. La méthode d'exploitation des résultats a été définie pour l'ensemble des données issues de l'étude prospective, commune à l'IFREMER, l'INERIS et le BRGM (Botta et al., 2013). Le BRGM a ainsi contribué à la préparation d'un rapport commun de présentation des résultats d'analyses (Botta et al., à paraître). Le présent chapitre reprend la note d'exploitation rédigée par l'équipe du BRGM incluse dans ce rapport commun au BRGM, à l'IFREMER et l'INERIS.

De plus, une représentation cartographique des résultats par DOM, par points de prélèvement et par famille d'usage des molécules a été réalisée. Les cartes sont présentées en Annexe 2.

7.1. INTRODUCTION DE L'EXPLOITATION

Pour chaque famille de substances (produits phytopharmaceutiques, pharmaceutiques et autres substances dangereuses pour les eaux souterraines), le BRGM avait élaboré et mis en œuvre en 2010 une méthodologie de sélection afin de préparer la campagne exceptionnelle d'analyse des eaux souterraines de la métropole (Blum et al, 2011).

Ce travail a été repris et adapté pour sélectionner les molécules à rechercher dans les eaux souterraines des DOM. Cette adaptation fut notamment centrée sur les produits phytopharmaceutiques pour lesquels les différences d'usages par rapport à la métropole sont marquées (cultures spécifiques et climats différents) et pour lesquels les données d'usage et de toxicité sont les plus nombreuses. Pour les produits pharmaceutiques et les autres substances émergents, faute de données suffisantes, les usages en DOM ont été considérés identiques à ceux de la métropole (législation identique).

En accord avec le comité de pilotage de l'étude, il a été décidé d'élaborer une liste commune aux 5 DOM. Ce choix permet d'optimiser le temps de mise en œuvre et la logistique de la campagne (prélèvements et analyses notamment). Il permet également une comparaison fiable et représentative entre les 5 DOM. Il implique cependant que, ponctuellement, des molécules non utilisées dans un département soient analysées.

La création de la liste est réalisée en trois étapes :

- Réalisation d'un univers de départ de molécules pour chaque DOM ;
- Suppression des molécules sans intérêt vis-à-vis des objectifs de la campagne d'analyses ;
- Priorisation des molécules.

Le détail de cet exercice est présenté dans Croiset et al., 2012. 469 molécules ont été retenues par le comité de pilotage de l'étude, les « groupes chimie »^[1] constitués dans chacun des DOM et la DEB, financeur de l'étude. Des laboratoires de recherche ont été consultés selon la même procédure que pour l'analyse des eaux de surface.

^[1] Les Offices de l'Eau et/ou DEAL (+ ARS et IFREMER à la réunion) des DOM ont été réunis en « groupe chimie » et sollicités afin d'identifier les spécificités de leurs départements en termes d'usages de substances.

Le LPTC, le CNRS et le BRGM ont finalement été retenus pour l'analyse de 191 molécules :

- 115 substances phytosanitaires
- 61 substances pharmaceutiques
- 12 substances à usage industriel
- 3 substances à usage domestique

L'étude prospective de recherche des molécules présentes dans les eaux souterraines des DOM menée en 2012 fait suite à un exercice similaire, nommé « campagne exceptionnelle », réalisé en 2011 dans les eaux souterraines de métropole (Blum et al., 2011 ; Lopez et Laurent, 2013). Si les objectifs de ces deux screening sont similaires – analyse des molécules actuellement peu/pas ou mal recherchées dans les eaux souterraines – leurs organisations respectives présentent des différences notables. Elles sont synthétisées dans l'illustration 45.

	Campagne exceptionnelle 2011	Etude prospective 2012
Coordination du projet	Multipartenaires	INERIS
Logistique (échantillonnage, gestion des données...)	6 Agences	INERIS (centralisation)
Analyses	Prestataires privés (appel d'offre)	Laboratoires de recherche (consultation)
Données	Pas de formalisme unique Bancaisation et envois multiples	Format de saisie commun Gestion centralisée des données

illustration 45 : Synthèse des organisations de la campagne exceptionnelle en métropole 2011 et de l'étude prospective dans les DOM 2012.

Deux différences majeures singularisent ces exercices :

- les actions de coordination, logistique et de gestion des données sont centralisées dans le cas de l'étude prospective 2012 alors qu'elles étaient partagées entre les 6 agences de l'eau lors de la campagne exceptionnelle 2011,
- les analyses chimiques sont réalisées par des laboratoires de recherche sélectionnés par consultation dans le cas de l'étude prospective 2012 alors que des prestataires privés ont été sollicités, après émission d'un marché public, pour la réalisation des analyses de la campagne exceptionnelle 2011.

La suite du rapport présente les résultats issus de l'analyse des molécules dites « émergentes » dans les eaux souterraines des DOM prélevées lors de l'étude prospective en 2012 et début 2013. En encarts sont rappelés quelques résultats clés de la campagne 2011 d'analyse des molécules présentes dans les eaux souterraines de métropole.

7.2. EXPLOITATION QUALITATIVE

7.2.1. Nombre de résultats validés

Dans le cadre de l'étude prospective 2012, 80 prélèvements ont été réalisés sur des points en eaux souterraines dans les DOM ; la liste est présentée en Annexe 3. Ces prélèvements sont répartis sur deux campagnes d'échantillonnages qui ont eu lieu entre avril et juin 2012 pour la première et entre septembre 2012 et janvier 2013 pour la seconde. 191 molécules devaient être recherchées sur chacun des échantillons prélevés (liste en Annexe 4). Au total ce sont donc 15280 résultats d'analyses chimiques dans les eaux souterraines des DOM qui étaient ainsi attendus à l'issue des 2 campagnes de prélèvements et d'analyses.

Nombre de prélèvements effectués	Nombre de molécules recherchées	Nombre de résultats attendus	Nombre d'analyses réalisées	Nombre de résultats validés	% de réalisation
80	191	15280	15050	15050	98,5

illustration 46 : Récapitulatif du nombre de résultats attendus et acquis lors de l'étude prospective 2012 dans les eaux souterraines des DOM.

Les aléas intervenus lors de l'acheminement, du stockage ou de l'analyse des échantillons prélevés ont engendré la perte de 230 résultats d'analyses attendus. De plus, 2 molécules n'ont finalement pas pu être analysées par les laboratoires sélectionnés : l'acide valproïque (pharmaceutique) et le quizalofop éthyl p (phytosanitaire) réduisant le nombre de molécules réellement analysées à 189. L'étude prospective dans les eaux souterraines des DOM représente ainsi 15050 résultats d'analyses chimiques exploitables, soit un taux de réalisation très satisfaisant de 98,5 %. Le bilan comptable des campagnes d'échantillonnages et d'analyses réalisées dans le cadre de l'étude prospective d'analyse des eaux souterraines des DOM est résumé dans l'illustration 46.

7.2.2. Nombre de molécules quantifiées/non quantifiées

189 molécules ont donc été recherchées dans les 80 échantillons d'eau souterraine provenant des DOM. 112 molécules recherchées n'ont jamais été quantifiées lors des 2 campagnes de prélèvements réalisées pour l'étude prospective, soit 60 % des molécules recherchées. La liste des molécules jamais quantifiées est présentée en Annexe 5. A l'inverse, 77 molécules ont été quantifiées au moins une fois, soit 40 % des molécules recherchées (illustration 49).

Il est intéressant de constater que les limites de quantification des molécules non quantifiées sont significativement plus élevées que celles des molécules quantifiées. L'illustration 47 présente à cet effet les statistiques descriptives des limites de quantification des molécules non quantifiées et quantifiées sous la forme de boîtes à moustaches. Le test de Mann-Whitney montre que la différence entre ces deux échantillons est significative au seuil de 5 %. Ces résultats, s'ils posent question, ne permettent néanmoins pas de conclure de manière définitive sur la possibilité de quantifier plus de molécules en abaissant les limites de quantifications.

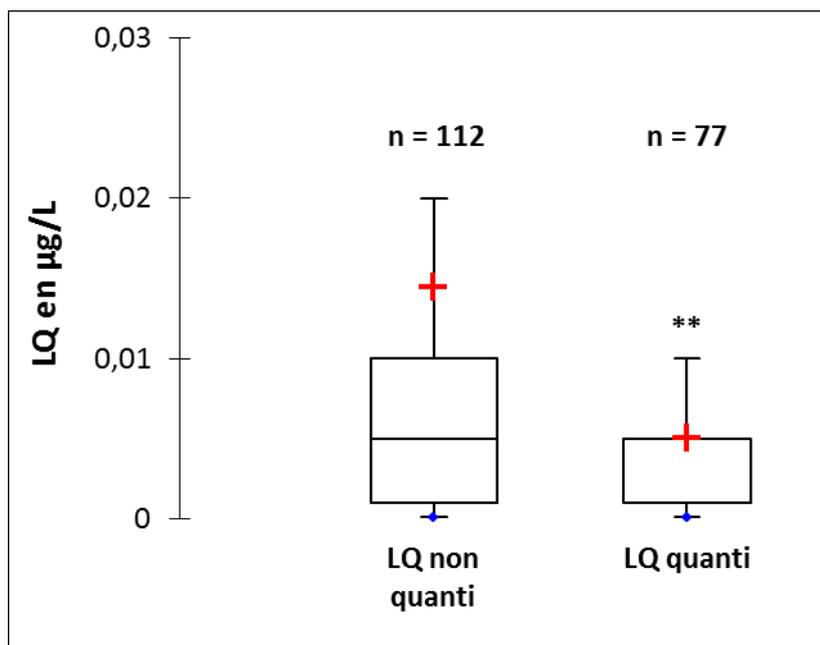


illustration 47 : Boîtes à moustaches des limites de quantification des molécules non quantifiées (LQ non quanti) et des molécules quantifiées (LQ quanti) dans les eaux souterraines des DOM. La différence entre ces deux échantillons est significative au seuil de 5 % (** $p < 0,05$; test de Mann-Whitney, U test).

Chiffres clés des screening en métropole 2011 et DOM 2012



411 substances ont été recherchées dans les eaux souterraines de métropole en 2011 sur 494 points de prélèvements échantillonnés deux fois. 393 191 résultats d'analyses exploitables (sur 411 000 attendus) ont été collectés lors de cette campagne soit un taux de réalisation de près de 96 %. 180 substances ont été quantifiées au moins une fois soit 43 % des substances recherchées. 41 de ces substances sont des phytosanitaires, 61 des pharmaceutiques, 48 des industrielles, 12 des domestiques et 18 ont des usages multiples.

Pour comparaison, en 2012, 191 substances ont été recherchées dans les eaux souterraines des DOM sur 40 points de prélèvement échantillonnées deux fois. 15 050 résultats exploitables ont été générés par la réalisation de ce screening dans les DOM soit un taux de réalisation de 98,5 %. 77 substances ont été quantifiées au moins une fois dans les eaux souterraines des DOM soit 40 % des substances recherchées. 39 sont des substances phytosanitaires, 27 sont des pharmaceutiques, 8 des industrielles et 3 ont des usages courants domestiques.

Pour aller plus loin dans l'analyse de l'impact des limites de quantification sur le nombre de molécules quantifiées, il est intéressant de comparer les résultats de l'étude prospective 2012 dans les eaux souterraines des DOM avec ceux de la campagne exceptionnelle 2011 dans les eaux souterraines de métropole. Les limites de quantification atteintes par les prestataires privés mobilisés pour les analyses de la campagne exceptionnelle 2011 étaient en effet plus élevées d'un ordre de grandeur en moyenne que celles atteintes par les laboratoires de recherche qui ont analysé les échantillons prélevés dans les eaux souterraines des DOM (différences significatives après application du test de Mann-Whitney au seuil de 5 %). Or, plus de 10 fois moins de points ont été échantillonnés dans les DOM qu'en métropole (41 contre 494 respectivement). Pourtant, les taux de molécules quantifiées au moins une fois lors de ces deux campagnes sont sensiblement équivalents : 40 % dans les DOM et 43 % en métropole.

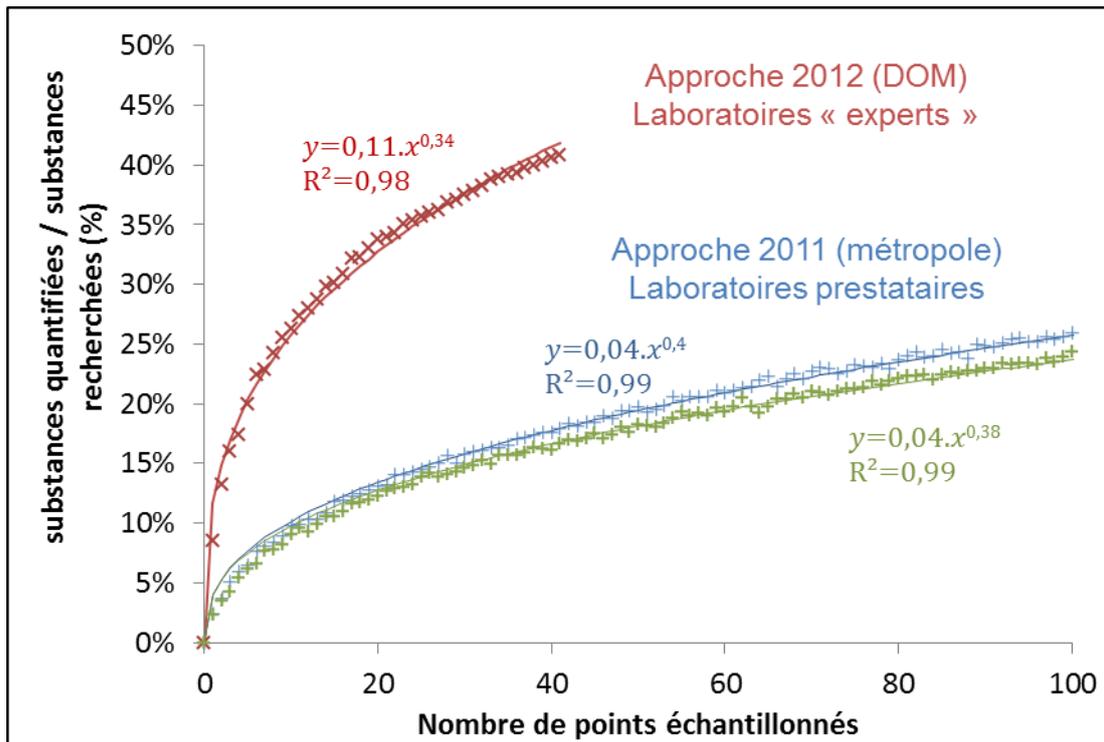


illustration 48 : Pourcentage de molécules différentes quantifiées en fonction du nombre de points échantillonnés lors de la campagne exceptionnelle 2011 sur tous les points de métropole, en ne considérant que les points de métropole en environnement « artificialisé » et lors de l'étude prospective 2012 sur tous les points des DOM. Les nuages de points ont été ajustés par une loi puissance contrainte à 0 pour l'ordonnée à l'origine.

Une fonction de type puissance ($y=a.x^b$) permet de lier le taux de quantification (nombre de molécules différentes quantifiées par rapport au nombre de molécules recherchées) au nombre de points échantillonnés (illustration 48). La relation est déterminée en ré-échantillonnant de manière aléatoire les points des campagnes afin de créer des jeux de données à partir de p points, p étant compris entre 0 et N (nombre total de points échantillonnés lors de la campagne). Pour chaque valeur de p , 100 tirages aléatoires de points sont réalisés. Pour chaque tirage, le nombre de molécules différentes quantifiées est compté. Ainsi, à chaque pas p de nombre de point, la moyenne du taux de molécules quantifiées est calculée. Cet exercice est réalisé à partir des données de l'étude prospective dans les eaux souterraines des DOM (points et courbe rouge), à partir de l'ensemble des données issues de la campagne exceptionnelle en métropole (points et courbe vert) et à partir des seuls points localisés dans un environnement « artificialisé » en métropole (points et courbe bleu). Les points en DOM étant tous sélectionnés dans des environnements anthropisés, cette sélection en métropole permet

d'être homogène lors de la comparaison. Comme le montre l'illustration 48, le premier terme (a) de cette fonction dépend du type de campagne considéré alors que le second terme (b) semble identique entre la métropole et les DOM.

L'abaissement d'un ordre de grandeur environ des limites de quantification des analyses réalisées dans le cadre de l'étude prospective par rapport à celles de la campagne exceptionnelle métropole permet de multiplier par presque 3 le taux de molécules quantifiées en fonction du nombre de points échantillonnés.

Fait remarquable

L'abaissement des limites de quantification pour l'étude DOM a permis de maintenir un taux de molécules quantifiées semblable à celui de la campagne exceptionnelle 2011 en métropole (40 % environ), en dépit d'un nombre de points échantillonnés très inférieur.

On note, de plus, une fréquence de quantification des molécules (nombre d'analyses quantifiées par rapport aux nombre d'analyses réalisées) bien plus élevée lors de l'étude prospective dans les DOM (6,2 %) qu'après analyse des résultats de la campagne exceptionnelle en métropole (1,5 %).

Dans le détail par grande famille d'usage, comme présenté dans l'illustration 49, 34 % des substances phytosanitaires, 45 % des substances pharmaceutiques, 67 % des substances industrielles et 100 % des substances domestiques recherchées dans les eaux souterraines des DOM ont été quantifiées au moins une fois sur l'ensemble des échantillons collectés.

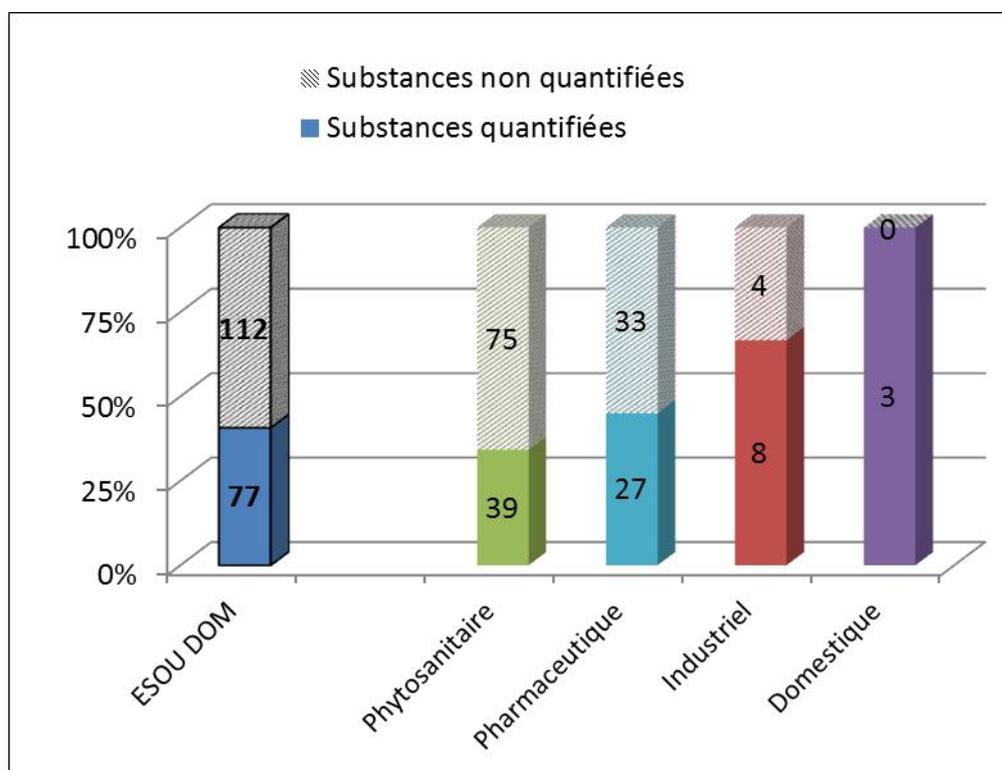


illustration 49 : Nombre de molécules quantifiées et non quantifiées lors de l'étude prospective dans les eaux souterraines des DOM en global considérant l'ensemble des molécules recherchées (ESOU DOM) et par grand type d'usage des molécules (phytosanitaire, pharmaceutique, industriel et domestique).

Comme exposé dans l'illustration 50, les substances phytosanitaires, qui représentent 60 % de l'ensemble des molécules recherchées ne constituent que 50 % des molécules quantifiées au total. Les proportions de substances pharmaceutiques recherchées et quantifiées par rapport au nombre total de molécules sont en revanche comparables, 31 et 35 % respectivement. Les molécules appartenant à la famille d'usage industriel ne représentent qu'un peu plus de 6 % de l'ensemble des molécules recherchées.

De nombreuses substances à usage industriel ont néanmoins été quantifiées au moins une fois lors de l'étude prospective dans les eaux souterraines de sorte qu'elles représentent plus de 10 % des molécules quantifiées. Enfin, même si toutes les substances à usage domestique recherchées ont été quantifiées au moins une fois, elles ne représentent que 3,9 % de l'ensemble des molécules quantifiées lors de l'étude.

Famille d'usage	Nombre de molécules recherchées	% du nombre total de molécules recherchées (n=189)	Nombre de molécules quantifiées	% du nombre de molécules recherchées de la même famille	% du nombre total de molécules quantifiées (n=77)
Phytosanitaire	114	60,3 %	39	34,2 %	50,6 %
Pharmaceutique	60	31,7 %	27	45,0 %	35,1 %
Industriel	12	6,4 %	8	66,7 %	10,4 %
Domestique	3	1,6 %	3	100,0 %	3,9 %
Total	189		77		

illustration 50 : Proportion de molécules quantifiées au moins une fois par rapport au nombre de molécules recherchées appartenant à la même famille d'usage et par rapport au nombre total de molécules quantifiées au moins une fois lors de l'étude prospective.

Parmi les 77 molécules quantifiées au moins une fois dans les eaux souterraines des DOM, 14 l'ont été dans les eaux souterraines des 5 départements d'Outre-Mer. Ces molécules sont repérées en rouge dans le tableau en Annexe 6. Il s'agit de :

- 2 substances phytosanitaires : atrazine et imidaclopride ;
- 7 substances pharmaceutiques : ibuprofène, 2-hydroxy-ibuprofène, acide salicylique et composés, paracétamol, carbamazépine, kétoprofène et progestérone ;
- 3 substances industrielles ou assimilées : bisphénol A, pentachlorophénol et di-n-butylphthalate (DBP)
- 2 substances à usage domestique : triclosan et caféine.

Les substances pharmaceutiques d'usage courant, les plastifiants et les substances domestiques sont ainsi présentes de manière généralisée et non spécifique dans les échantillons analysés.

A l'inverse, 26 des molécules quantifiées au moins une fois lors de l'étude prospective sont spécifiques à un seul DOM. Elles sont repérées en vert dans le tableau en Annexe 6. Il s'agit essentiellement de substances phytosanitaires (20 substances). Ces spécificités peuvent être liées aux usages particuliers de ces substances sur des cultures typiques de certains départements d'outre-mer. Il n'a été quantifié qu'une seule fois, en Martinique, sur un point de prélèvement localisé en contexte agricole de culture bananière. De la même manière, le métolachlore est utilisé dans les DOM spécifiquement sur l'ananas. Il n'a été quantifié, comme son métabolite le métolachlore ESA, qu'en Martinique où la culture de l'ananas est fortement développée.

7.3. EXPLOITATION QUANTITATIVE

7.3.1. Fréquence de quantification des molécules et statistiques

Alerte et recommandation

Dans ce type d'exercice et compte tenu du caractère relativement émergent des substances recherchées, l'impact de certaines pratiques, liées à l'échantillonnage notamment, n'est pas encore suffisamment connu et des risques de contamination lors de ces opérations existent. Les risques de contamination à l'échantillonnage les plus sensibles identifiés à l'heure actuelle concernent les phtalates, le bisphénol A et la caféine (Focazio et al., 2008).

Il sera donc important dans l'avenir, en parallèle des campagnes de surveillance qui pourraient se mettre en place sur ces familles de substances, de réaliser à la fois des études techniques destinées à mieux maîtriser l'impact des opérations d'échantillonnage, mais aussi très certainement d'accentuer la réalisation, dans la mesure du possible, de contrôles qualité réguliers destinés à montrer la fiabilité des résultats sur des substances particulièrement délicates d'un point de vue des opérations d'échantillonnage et d'analyse.

Les fréquences de quantification de l'ensemble des molécules retrouvées dans les eaux souterraines des DOM lors de l'étude prospective 2012 ainsi que le résumé des paramètres statistiques des concentrations sont présentés en Annexe 7.

13 molécules ont été quantifiées sur plus d'1/4 des analyses (FQ > 25 %). Les statistiques descriptives de leurs concentrations dans les eaux souterraines des DOM sont représentées en boîtes à moustaches sur l'illustration 51.

D'une façon générale, on y constate que les concentrations quantifiées de ces molécules s'étendent majoritairement sur seulement deux ordres de grandeurs (entre 1 et 100 ng/L, à l'exception de l'imidaclopride). Par ailleurs la distribution de chaque molécule s'étale rarement de façon significative au-delà d'un ordre de grandeur.

Les 13 molécules les plus quantifiées à l'échelle des 5 DOM ont toutes été quantifiées au moins une fois dans chacun des départements d'outre-mer. Ainsi, parmi les 14 molécules quantifiées au moins une fois dans les eaux souterraines de chaque DOM, seul le kétoprofène, montre une fréquence de quantification inférieure à 25 % (15,2 %).

6 des 13 molécules les plus quantifiées (FQ > 25 %) sont des pharmaceutiques, avec, dans l'ordre décroissant de fréquence de quantification : l'acide salicylique (FQ = 100 %), la carbamazépine (FQ = 52,5 %), l'ibuprofène (FQ = 41,3 %), la progestérone (FQ = 36,3 %), le paracétamol (FQ = 30 %) et le 2-hydroxy-ibuprofène métabolite de l'ibuprofène (25,3 %). Il est à noter que l'acide salicylique et la progestérone peuvent avoir des origines naturelles pouvant expliquer les fortes fréquences de quantification observées.

3 des molécules quantifiées sur plus de 25 % des analyses sont des substances dites industrielles et plus particulièrement des plastifiants. Il s'agit de 2 phénols – le bisphénol A (FQ = 96,3 %) et le pentachlorophénol (FQ = 53,8 %) – et d'un phtalate, le di-n-butylphtalate (DBP ; FQ = 81,3 %). Toutefois, comme précisé en alerte, ces molécules sont encore sujettes à caution quant à de potentielles contaminations lors des opérations d'échantillonnage.

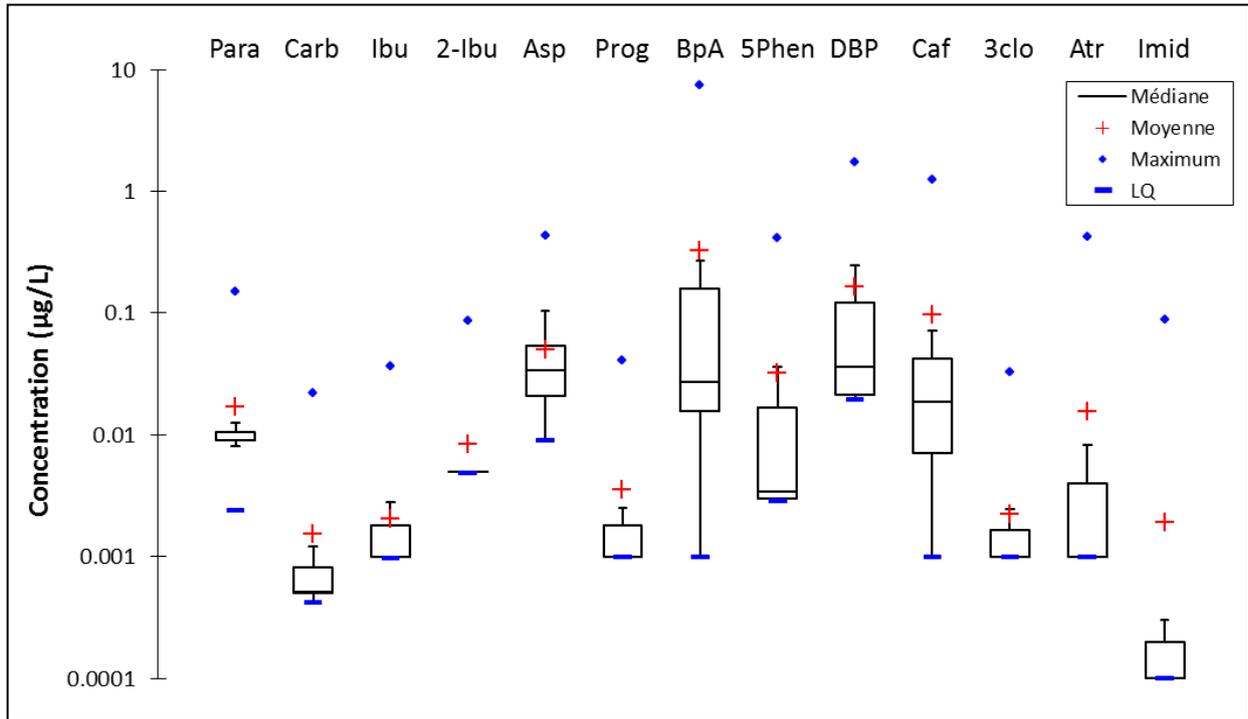


illustration 51 : Représentation des statistiques descriptives en boîte à moustache des molécules ayant une FQ > 25 %. Les limites inférieures et supérieures des « boîtes » correspondent aux 1^{er} et 3^{ème} quartiles respectivement (Q1 et Q3). Les limites inférieures et supérieures des « moustaches » correspondent à $Q1 - [1,5 \times (Q3 - Q1)]$ et $Q3 + [1,5 \times (Q3 - Q1)]$ respectivement.

Para : paracétamol ; Carb : carbamazépine ; Ibu : ibuprofène ; 2Ibu : 2-hydroxy-ibuprofène ; Asp : acide salicyllique ; Prog : progestérone ; BpA : bisphénol A ; 5Phen : pentachlorophénol ; DBP : Di-n-butylphthalate ; Caf : caféine ; 3Clo : triclosan ; Atr : atrazine ; Imid : Imidaclopride.

Deux des molécules les plus quantifiées ont un usage domestique. La caféine (FQ = 91,3 %) est présente dans de nombreuses boissons alimentaires dont le café est la plus connue. Le triclosan (FQ = 32,9 %) est quant à lui un antifongique et antibactérien présent dans les savons, déodorants et dentifrices ainsi que dans de nombreux autres produits de consommation courante.

Les deux dernières molécules les plus quantifiées après analyse de l'ensemble des échantillons collectés lors de l'étude prospective 2012 dans les eaux souterraines des DOM sont des produits phytosanitaires. L'imidaclopride (FQ = 38,8 %) est un insecticide largement utilisé en agriculture depuis les années 1990. Son usage est toutefois restreint depuis le 1^{er} janvier 2013 en raison d'effets suspectés sur la mortalité des abeilles et des bourdons. L'atrazine (FQ = 37,5 %) est quant à elle un herbicide de la famille des triazines dont l'usage est interdit en France depuis 2003.

Fait remarquable

Les substances les plus fréquemment quantifiées dans les eaux souterraines des DOM sont des produits pharmaceutiques d'usage courant (analgésiques, anti-inflammatoires et anticonvulsif), des produits phytosanitaires à large spectre d'action interdits ou en passe de l'être (herbicide et insecticide), des plastifiants et des substances d'usage domestique présentes dans l'alimentation (caféine) et dans les produits de soins corporels (antibactérien). Toutes ces substances ont été retrouvées dans les eaux souterraines des 5 DOM investigués.

7.3.2. Comparaison des résultats par rapport à des valeurs de référence

Les valeurs des concentrations des molécules quantifiées dans les eaux souterraines des DOM sont comparées à des valeurs seuils, lorsqu'elles existent. En effet, en raison du caractère émergent de nombreuses molécules recherchées dans le cadre de l'étude prospective 2012, beaucoup d'entre elles ne sont pas réglementées et ne disposent donc pas de valeurs de concentrations réglementaires à ne pas dépasser dans les eaux souterraines.

Dans un premier temps, les seuils de concentrations réglementaires sont recherchés en priorité. Il s'agit des valeurs à ne pas dépasser citées dans les textes suivants :

- l'arrêté AEP 11/01/07 (annexe I, eaux distribuées sauf mention contraire) ;
- l'arrêté AEP 11/01/07 (Annexe II Eaux brutes pour la production d'EDCH) ;
- les concentrations maximales admissibles OMS Eau potable ;
- les NQE directive substances prioritaires 2013/39/UE (NQE-MA) ;
- les NQE directive substances prioritaires 2013/39/UE (NQE-CMA) ;
- la norme de la directive fille eaux souterraines 2006/118/CE ;
- les SDAGE.

Si aucune norme n'existe pour la molécule considérée, les valeurs de concentrations atteintes sont comparées à « un seuil de préoccupation » fixé à 0,1 µg/L. Cette valeur est arbitraire. Elle rappelle la valeur réglementaire appliquée pour de nombreux pesticides dans les eaux souterraines au titre de la protection de la ressource en eau (Directive 2006/118/CE), et correspond à un seuil de risque toxicologique. Mons et al. (2013) ciblent aussi la valeur 0,1 µg/L pour les contaminants organiques non réglementés à l'heure actuelle dans les eaux de boissons. Cette valeur correspond bien à la majorité des standards actuellement utilisés et les auteurs concluent de la possibilité d'utiliser cette concentration cible aussi bien dans les procédures d'évaluation de la qualité des eaux, que pour élaborer les futurs plans d'actions dans le domaine des eaux de boissons ou bien encore dans les projets de recherche sur la thématique.

En complément des valeurs réglementaires ou de préoccupation, les PNEC³ des molécules quantifiées dans les eaux souterraines des DOM sont recherchées. En effet, même si les PNEC ne sont pas directement applicables aux eaux souterraines, la comparaison avec les concentrations atteintes peut donner des indications quant aux potentiels effets écotoxiques

³ PNEC (Predicted No Effect Concentration) : concentration prédite sans effets sur les écosystèmes pour une molécule donnée. Source INERIS

induits par la présence de substances dans ce compartiment du milieu aquatique. La pertinence de cette comparaison augmente avec l'existence d'un lien étroit entre les eaux souterraines et les eaux superficielles.

Plusieurs indicateurs permettent de situer les concentrations atteintes dans les eaux souterraines des DOM lors de l'étude prospective par rapport aux valeurs de référence. Le premier indicateur calculé est la fréquence de dépassement d'une valeur réglementaire (FD norme) :

$$FD \text{ norme} = \frac{\text{nombre d'analyses} \geq \text{norme réglementaire la plus basse}}{\text{nombre d'analyses totales}}$$

Le deuxième indicateur est la fréquence de dépassement du seuil de préoccupation 0,1 µg/L (FD 0,1µg/L). Cet indicateur est utilisé non seulement lorsqu'il n'existe pas de valeur de concentration réglementaire à ne pas dépasser dans les eaux souterraines mais aussi afin de comparer les occurrences des molécules selon un référentiel commun (sous réserve que toutes les concentrations comparées soient acquises avec une LQ inférieure au seuil de préoccupation). Cet indicateur est calculé comme suit :

$$FD \text{ 0,1}\mu\text{g/L} = \frac{\text{nombre d'analyses} \geq 0,1 \mu\text{g/L}}{\text{nombre d'analyses totales}}$$

Sur le même principe, il est possible de compter le nombre de dépassement de la valeur de PNEC eau lorsqu'elle existe. L'indicateur est appelé FD PNEC et est calculé comme suit :

$$FD \text{ PNEC} = \frac{\text{nombre d'analyses} \geq \text{PNEC eau}}{\text{nombre d'analyses totales}}$$

En complément des fréquences de dépassement de différentes valeurs de référence, et par analogie avec les travaux généralement réalisés pour qualifier les risques écotoxicologiques, les degrés de dépassement de la norme inférieure et de la PNEC par la MEC 95⁴ (DD95 norme et DD95 PNEC) et la moyenne des concentrations (DDµ norme et DDµ PNEC) ont été calculés à partir des concentrations relevées dans les eaux souterraines des DOM. Les calculs correspondent aux équations suivantes :

$$DD95 \text{ norme} = \frac{MEC \text{ 95}}{\text{valeur de la norme la plus basse}} \quad \text{et} \quad DD95 \text{ PNEC} = \frac{MEC \text{ 95}}{PNEC \text{ eau}} \quad ;$$

$$DD\mu \text{ norme} = \frac{\text{moyenne des concentrations}}{\text{valeur de la norme la plus basse}} \quad \text{et} \quad DD\mu \text{ PNEC} = \frac{\text{moyenne des concentrations}}{PNEC \text{ eau}}$$

Un degré de dépassement > 1 indique que la valeur comparée (la MEC 95 ou la moyenne des concentrations) est supérieure à la valeur de référence (norme réglementaire ou PNEC eau). L'utilisation des normes les plus basses comme valeurs de référence permet d'identifier les molécules dont les concentrations dans les eaux souterraines ne respectent pas la réglementation. L'utilisation des PNEC eau permet d'appréhender les problèmes

⁴ 95^{ème} percentile des concentrations maximales relevées sur chaque site de mesure.

environnementaux potentiellement soulevés par la présence des molécules dans le milieu aquatique. Les degrés de dépassement calculés à partir des MEC 95 constituent des « pires cas ». Ils permettent d'identifier si les molécules posent ponctuellement des problèmes réglementaires ou environnementaux. Lorsque les degrés de dépassement sont calculés à partir des moyennes des concentrations, les problématiques soulevées présentent un caractère plus généralisé.

Les concentrations de 28 molécules, sur les 77 quantifiées, dépassent au moins une fois la valeur réglementaire la plus basse et/ou le seuil de préoccupation 0,1 µg/L et/ou la PNEC eau. Ces 28 molécules sont regroupées dans le tableau en illustration 52 avec, pour chacune, les résultats des calculs des fréquences et des degrés de dépassement. Cette liste est constituée de 12 substances phytosanitaires, 7 substances pharmaceutiques, 7 substances à usage industriel ou assimilé et de 2 substances à usage domestique.

	Molécules	Code SANDRE	LQ (µg/L)	MEC 95 (µg/L)	Norme inf. (µg/L)	PNEC eau (µg/L)	FD norme	FD 0,1µg/L	FD PNEC	DD95 norme	DDµ norme	DD95 PNEC	DDµ PNEC
phytosanitaire	Asulame	1965	0.001	0.0425	0.1 ^a	0.27	2.5%	2.5%	1.25%	0.43	0.09	0.16	0.03
	Atrazine	1107	0.001	0.1632	0.1 ^a	0.6	3.75%	3.75%	0%	1.63	0.15	0.27	0.02
	Deethylatrazine	1108	0.005	0.1300	0.1 ^a	0.03	5%	5%	10%	1.3	0.11	4.33	0.38
	Bromacil	1686	0.005	0.0200	0.1 ^a		5%	5%		0.2	0.61		
	Carbendazim	1129	0.001	0.0051	0.1 ^a	0.015	0%	0%	1.25%	0.05	0.01	0.34	0.06
	Dichlorvos	1170	0.001	-	0.0006 ^b		2.5%	0%		0.83	0.59		
	Diuron	1177	0.003	0.0280	0.1 ^a	0.2	1.25%	1.25%	1.25%	0.28	0.06	0.14	0.03
	Fenarimol	1185	0.1	-	0.1 ^a	4.1	1.25%	1.25%	0%	0.5	0.26	0.01	0.01
	Hexazinone	1673	0.005	0.0200	0.1 ^a	0.0145		0%	8.75%	0.2	0.05	1.38	0.33
	Phoxime	1665	0.001	-	0.1 ^a	0.001		0%	1.25%	0.01	0.00	0.5	0.35
	Propiconazole	1257	0.001	0.0042	0.1 ^a	5.1	3.75%	3.75%	0%	0.04	0.13	0	0.00
Terbutryn	1269	0.001	0.0062	0.065 ^b	0.0024		0%	3.75%	0.1	0.02	2.58	0.48	
pharmaceutique	Salicylic acid	6735	0.01	0.1630		10		11.25%	0%	1.63 ^c	0.50 ^c	0.02	0.00
	Acetaminophen	5354	0.009	0.1232		1		3.75%	0%	1.23 ^c	0.12 ^c	0.12	0.01
	Diclofenac	5349	0.002	0.0300		0.1		1.25%	1.25%	0.3 ^c	0.04 ^c	0.3	0.04
	Ethinylestradiol	2629	0.01	0.0108		0.00001		0%	5%	0.11 ^c	0.03 ^c	1082	299.15
	17-bêta-Estradiol	5397	0.001	-		0.00002		0%	2.5%	0.01 ^c	0.003 ^c	25	14.45
	Metformine	6755	0.005	0.0473		17.835		1.25%	0%	0.47 ^c	0.05 ^c	0	0.00
	Ofloxacin	6533	0.005	0.0440		0.113		2.5%	2.5%	0.44 ^c	0.08 ^c	0.39	0.07
industriel	Bisphenol A	2766	0.001	1.3280		1.6		28.75%	3.75%	13.28 ^c	3.24 ^c	0.83	0.20
	Pentachlorophenol	1235	0.003	0.2050	0.4 ^b		1.25%	12.5%		0.51	0.08		
	Benzylbutylphthalate (BBP)	1924	0.01	0.4566		7.5		6.25%	0%	4.57 ^c	0.32 ^c	0.06	0.00
	Di-n-butylphthalate (DBP)	1462	0.02	1.2503		10		27.5%	0%	12.5 ^c	1.63 ^c	0.13	0.02
	Fluoranthene	1191	0.001	-	0.0063 ^b		1.25%	0%		0.08	0.05		
	Perfluoroheptanoic acid (PFHpA)	5977	0.001	0.0086		0.02		0%	5%	0.09 ^c	0.03 ^c	0.43	0.17
	Perfluorooctane sulfonate (PFOS)	6560	0.001	0.0523		0.00065		0%	23.75%	0.52 ^c	0.05 ^c	80.41	7.08
do.	Caféine	6519	0.001	1.0000		87		13.75%	0%	10 ^c	0.98 ^c	0.01	0.00
	Triclosan	5430	0.001	0.0079		0.0047		0%	8.86%	0.08 ^c	0.02 ^c	1.68	0.37

illustration 52 : Molécules ayant dépassé soit une valeur seuil réglementaire, soit le seuil de préoccupation 0,1 µg/L, soit la PNEC eau ; fréquences et degré de dépassement associés. LQ : limite de quantification ; do. : domestique ; Norme inf. : norme réglementaire la plus basse ; FD norme : fréquence de dépassement de la norme réglementaire la plus basse ; FD 0,1µg/L : fréquence de dépassement du seuil de préoccupation 0,1 µg/L ; FD PNEC : fréquence de dépassement de la PNEC eau ; DD95 : degré de dépassement par la MEC95 et DDµ : degré de dépassement par la moyenne de la norme la plus basse (norme) ou de la PNEC (PNEC). ^a source directive fille ESO 2006/118/CE ; ^b source NQE directive 2013/39/UE ; ^c degré de dépassement du seuil de préoccupation 0,1 µg/L. En rouge sont les LQ ≥ Norme inf. ; en orange sont les LQ ≥ PNEC eau.

La moitié (14) de ces molécules possède au moins une valeur de concentration réglementaire à ne pas dépasser. En ne considérant que les valeurs les plus faibles, 10 sont issues de la directive fille eaux souterraines 2006/118/CE et ne concernent que les substances phytosanitaires (valeur de 0,1 µg/L par défaut). Les 4 autres valeurs de références utilisées sont des NQE⁵ issues de la directive substances prioritaires dans le milieu aquatique 2013/39/UE. 2 NQE qualifient des substances phytosanitaires (le dichlorvos et la terbutryne) et sont inférieures à la valeur 0,1 µg/L inscrite dans la directive fille 2006/118/CE. Les deux autres NQE sont établies pour le pentachlorophénol et le fluoranthène d'usage industriel. Il est à noter que ces deux molécules ne possèdent pas de PNEC eau, tout comme le dichlorvos et le bromacil. Les 24 autres molécules de la liste possèdent une PNEC eau permettant ainsi une évaluation de l'impact environnemental potentiellement induit par la présence de ces molécules dans le milieu aquatique.

7.3.3. Analyse des fréquences de dépassement

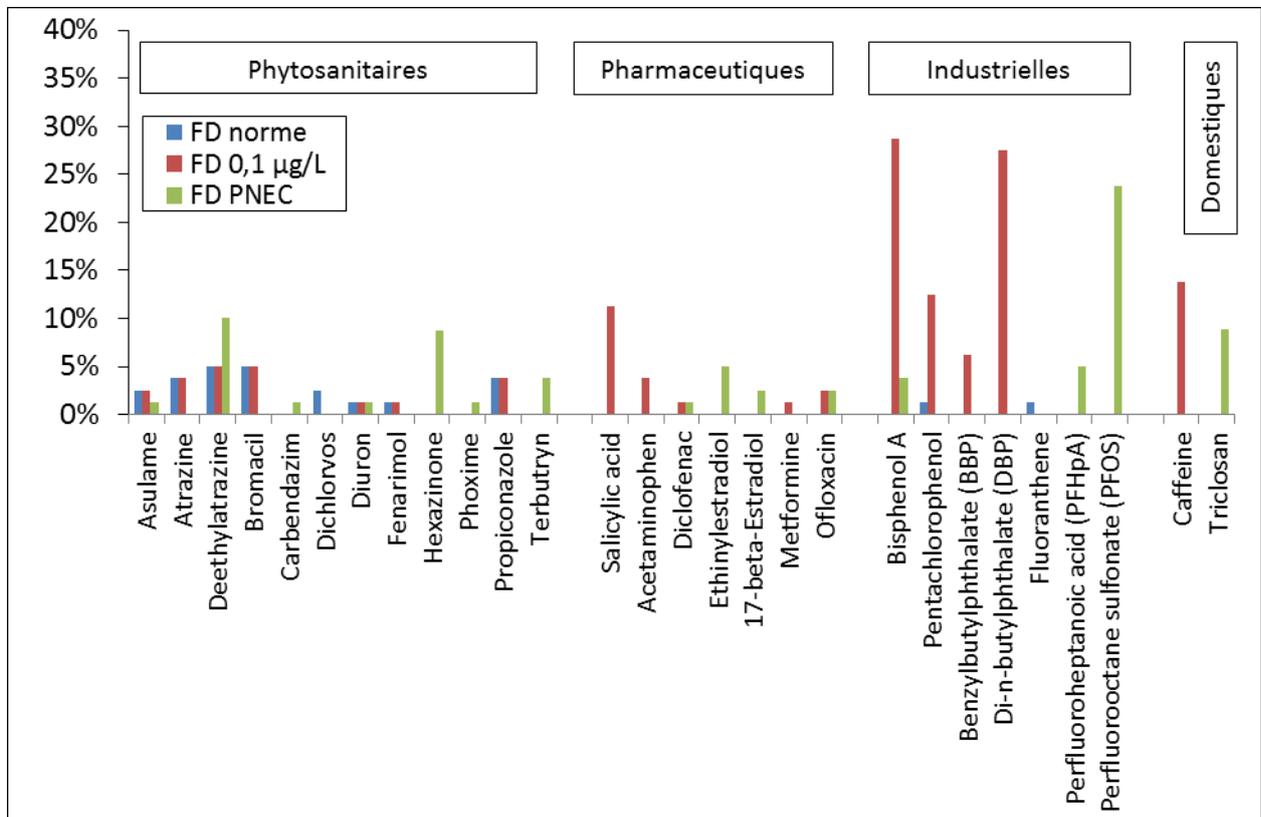


illustration 53 : Fréquences de dépassement de la valeur réglementaire la plus basse (FD norme), du seuil de préoccupation 0,1 µg/L (FD 0,1µg/L) et de la PNEC eau (FD PNEC) des molécules dont les concentrations ont dépassée au moins une fois une de ces valeurs de référence lors de l'étude prospective 2012 dans les eaux souterraines des DOM.

Les 3 fréquences de dépassement calculées pour les molécules dont les concentrations ont dépassé au moins une fois une des valeurs de référence (norme réglementaire, seuil de préoccupation 0,1 µg/L et PNEC eau) lors de l'étude prospective 2012 dans les eaux souterraines des DOM sont représentées sur l'illustration 53.

⁵ Norme de Qualité Environnementale

10 molécules ont dépassé au moins une fois la valeur réglementaire de concentrations la plus basse. Il s'agit de 8 substances phytosanitaires et de 2 substances industrielles. Dans l'ordre décroissant de fréquence de dépassement de la valeur réglementaire, sont concernés la déséthylatrazine, le bromacil, l'atrazine, le propiconazole, l'asulame, le dichlorvos, le diuron, le fénarimol, le pentachlorophenol et le fluoranthène. Le dichlorvos, le pentachlorophenol et le fluoranthène ont dépassé la valeur de NQE tandis que les 7 autres substances, des phytosanitaires, ont dépassé la valeur de 0,1 µg/L inscrite dans la directive fille eaux souterraines 2006/118/CE comme valeur à ne pas dépasser pour tous les pesticides (hors exceptions mentionnées dans la directive fille). Notons que pour le dichlorvos, le fénarimol et le fluoranthène, la limite analytique de quantification est égale ou supérieure à la norme réglementaire la plus basse (en rouge sur l'illustration 53). Pour ces molécules, la fréquence de dépassement égale donc la fréquence de quantification.

L'analyse des fréquences de dépassement du seuil de préoccupation 0,1 µg/L permet de comparer l'occurrence des molécules entre elles, quelle que soit leur LQ (à condition néanmoins que toutes les LQ soient inférieures à 0,1 µg/L) et qu'elle possède une valeur réglementaire ou non. Ainsi, sur les 28 molécules qui ont dépassé une ou plusieurs des valeurs de référence, 17 ont dépassé au moins une fois le seuil de préoccupation 0,1 µg/L. Il s'agit des 7 substances phytosanitaires précédemment citées (le seuil de préoccupation de 0,1 µg/L est réglementaire pour de nombreux pesticides), de 5 substances pharmaceutiques (l'acide salicylique, le paracétamol, l'ofloxacine, le diclofénac et la metformine), de 4 substances industrielles (le bisphénol A, le di-n-butylphthalate – DBP – le pentachlorophenol et le benzylbutylphthalate – BBP –) et de la caféine. 5 de ces molécules dépassent le seuil de préoccupation 0,1 µg/L sur plus de 10 % des analyses :

- le bisphénol A (FD 0,1 µg/L = 28,75 %) ;
- le di-n-butylphthalate –DBP– (FD 0,1 µg/L = 27,5 %) ;
- la caféine (FD 0,1 µg/L = 13,75 %) ;
- le pentachlorophenol (FD 0,1 µg/L = 12,5 %) et
- l'acide salicylique (FD 0,1 µg/L = 11,25 %).

Il faut cependant noter que pour trois de ces cinq molécules, des risques de contamination à l'échantillonnage existent (cf encart en page 94). Il a par exemple été noté une différence significative de concentrations en DBP, entre la première et la deuxième campagne en Martinique et ce, pour tous les échantillons quel que soit le type de point ou de contexte (géologique et de pression). Cette différence systématique est suffisamment significative pour éveiller un doute sur une possible contamination des échantillons lors du prélèvement en hautes eaux. Néanmoins, aucun argument supplémentaire ne permet d'expliquer cette situation et d'invalider ces résultats de sorte qu'ils sont exploités au même titre que l'ensemble des données de l'étude.

Enfin, sur les 20 molécules pour lesquelles une PNEC eau est déterminée, 15 dépassent cette valeur de référence, dont 7 sont des substances phytosanitaires. Parmi ces 7 phytosanitaires, 4 ne dépassent pas la valeur réglementaire 0,1 µg/L. Les PNEC eau de la carbendazime, de l'hexazinone, de la phoxime et de la terbutryne sont en effet très inférieures à 0,1 µg/L de sorte que des dépassements sont observés. La carbendazime a été quantifiée dans 4 DOM sur 5 (sauf la Réunion), l'hexazinone en Guadeloupe et en Martinique, la phoxime en Guadeloupe (dont la LQ égale la PNEC) uniquement et la terbutryne en Guadeloupe, Guyane et à Mayotte. La présence de ces produits phytosanitaires dans les eaux souterraines, si elle ne pose pas de problème particulier d'un point de vue réglementaire, peut impacter la biodiversité aquatique dans le cas où ces eaux souterraines seraient amenées à alimenter des eaux de surface (rivières, lacs, zones humides).

Les concentrations de 4 substances pharmaceutiques ont dépassé au moins une fois la valeur de PNEC eau dans les eaux souterraines des DOM. Il s'agit du diclofénac (1 point en Martinique) et de l'ofloxacin (2 points en Martinique), déjà cités en raison de dépassement du seuil de préoccupation 0,1 µg/L. Mais aussi de 2 hormones, l'éthinylestradiol (3 points en Guyane et 1 point à la Réunion) et le 17-bêta-estradiol (2 points en Guyane) aux PNEC eau très basses (0,00001 et 0,00002 µg/L respectivement alors que les LQ sont de 0,01 et 0,001 µg/L respectivement). Le diclofénac et le 17-bêta-estradiol sont des molécules candidates à l'intégration de la liste de vigilance européenne sur les polluants émergents (« watch list »). Les résultats acquis lors de l'étude prospective dans les eaux souterraines appuient cette décision. Il est néanmoins à rappeler les origines naturelles possibles du 17-bêta-estradiol et de l'éthinylestradiol dont les concentrations pourraient suffire à dépasser les PNEC eau très faibles.

3 molécules classées dans les usages industriels ont dépassé la PNEC eau : le bisphénol A (dont la PNEC eau de 1,6 µg/L est élevée) et 2 perfluorés, le PFHpA et le PFOS (dont la LQ est supérieure à la PNEC). Bien que ces molécules soient classées parmi les usages industriels, leurs champs d'utilisations et d'émissions sont en réalité très étendus. Le bisphénol A est utilisé comme monomère dans la production industrielle de nombreux plastifiants mais aussi comme antioxydants dans les plastifiants et le PVC. Il est en revanche émis à faibles doses par extraction spontanée des plastiques ou plus significativement lorsqu'il est mis en contact avec des détergents puissants. Les zones d'émission du bisphénol A sont donc multiples et non restreintes aux seules industries qui l'utilisent dans leurs procédés. 1 point en Martinique et 1 point à Mayotte ont révélé des concentrations en bisphénol A dans les eaux souterraines supérieures à la valeur de PNEC eau. La propriété spécifique des perfluorés de favoriser la dissolution de grandes quantités de gaz induit des utilisations très variées dans de nombreuses industries (climatiseurs, unités de réfrigération, certains extincteurs, agents antiadhésifs, imperméabilisants...). Ainsi, à l'instar du bisphénol A, les zones d'émissions des perfluorés ne sont pas cantonnées aux seuls lieux de production mais étendues à toutes les zones où les produits qui en contiennent sont utilisés, stockés ou mis en décharge. Les concentrations en PFOS dans les eaux souterraines ont ainsi dépassé la valeur de PNEC eau sur 1 point en Guadeloupe, 1 point en Guyane, 4 points en Martinique et 4 points à la Réunion. Le PFHpA, dont la PNEC eau est plus élevée que celle du PFOS, a dépassé cette valeur de référence sur 1 point en Guadeloupe et 1 point en Guyane.

La dernière molécule ayant dépassé la PNEC est le triclosan, antibactérien et antifongique retrouvé dans les produits de soins corporels essentiellement. La PNEC eau du triclosan est basse (0,0047 µg/L) de sorte que 7 analyses ont dépassé cette valeur, dont toutes sauf une lors de la campagne réalisée en basses eaux. Les points impactés sont localisés à la Réunion (4 points), en Martinique (2 points) et à Mayotte (1 point).

7.3.4. Analyse des degrés de dépassement

En complément de l'analyse des fréquences de dépassement des valeurs de références, les degrés de dépassement de ces mêmes valeurs ont été calculés et reportés sur l'illustration 54. On rappelle qu'une valeur de degré de dépassement > 1 indique que la valeur comparée, la MEC 95 ou la moyenne des concentrations dans le cas présent, est supérieure à la valeur de référence, la norme réglementaire la plus basse ou la PNEC eau. Plus le degré de

dépassement est important, plus la problématique réglementaire (norme) ou environnementale (PNEC eau) soulevée est sévère.

En l'absence de normes pour les substances pharmaceutiques, les substances domestiques et de nombreuses substances industrielles recherchées, seules 2 substances phytosanitaires montrent un degré de dépassement de la valeur réglementaire la plus basse > 1. Il s'agit de l'atrazine et de son métabolite la déséthylatrazine dont les MEC 95 (0,16 et 0,13 µg/L respectivement) dépassent de peu 0,1 µg/L. Les concentrations moyennes en ces deux éléments sur l'ensemble des DOM sont inférieures au seuil 0,1 µg/L.

7 molécules montrent des degrés de dépassement de la PNEC eau > 1. 3 substances phytosanitaires, la déséthylatrazine, l'hexazinone et la terbutryne voient en effet leur MEC 95 respective dépasser la valeur de PNEC eau. La MEC 95 de la déséthylatrazine dépasse de plus de 4 fois la valeur de PNEC. La MEC 95 de la terbutryne dépasse de plus de 2,5 fois la valeur de PNEC eau alors que la MEC 95 de l'hexazinone (0,02 µg/L) est proche de la valeur de la PNEC eau définie pour ce produit (0,0145 µg/L). Les concentrations moyennes en ces 3 molécules ne dépassent toutefois pas les valeurs de PNEC eau. Les problématiques environnementales induites par la présence de ces molécules dans le milieu aquatique semblent donc localisées sur quelques « points chauds » spécifiques pour ce qui concerne les eaux souterraines.

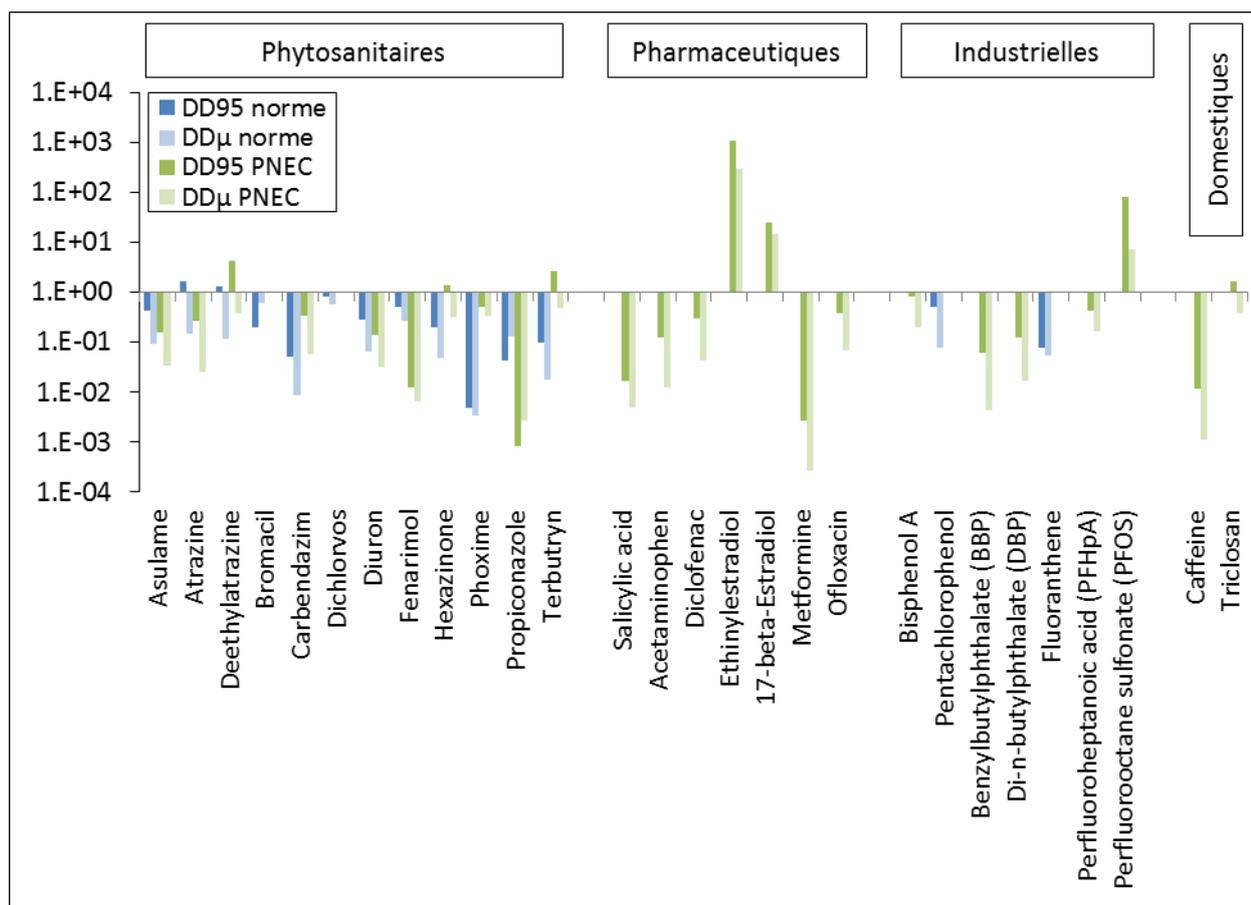


illustration 54 : Degrés de dépassement de la valeur réglementaire la plus basse par la MEC 95 (DD95 norme) et par la moyenne des concentrations (DDµ norme) et degrés de dépassement de la PNEC eau par la MEC 95 (DD95 PNEC) et par la moyenne des concentrations (DDµ PNEC) des molécules dont les concentrations ont dépassée au moins une fois une de ces valeurs de référence lors de l'étude prospective 2012 dans les eaux souterraines des DOM.

Les 2 hormones éthinylestradiol et 17-bêta-estradiol, déjà citées en raison de fréquences de dépassement remarquables, ont des MEC 95 et des concentrations moyennes significativement plus importantes que les PNEC eau associées à ces molécules. La MEC 95 de l'éthinylestradiol est ainsi plus de 1000 fois plus grande que la PNEC eau et sa concentration moyenne dans les eaux souterraines des DOM près de 300 fois plus importante. La MEC 95 du 17-bêta-estradiol est quant à elle 25 fois plus élevée que la PNEC eau et la concentration moyenne est près de 15 fois plus élevée. Ces résultats confirment l'intérêt à porter aux contextes hydrogéologiques où ont été quantifiées ces molécules et tout particulièrement aux relations qui peuvent exister avec les eaux de surface.

Parmi les substances industrielles, seul le PFOS montre des degrés de dépassement de la PNEC (par la MEC 95 et la moyenne des concentrations) supérieurs à 1. La MEC 95 du PFOS est plus de 80 fois plus élevée que la PNEC eau alors que la moyenne n'est que 7 fois plus élevée.

La dernière molécule à présenter un degré de dépassement de la PNEC supérieur à 1 est le triclosan. Dans ce cas, seule la MEC 95 dépasse de peu la PNEC (MEC 95 de 0,0079 µg/L contre PNEC eau de 0,0047 µg/L).

Fait remarquable

Les concentrations en substances émergentes dans les eaux souterraines sont très peu réglementées à l'heure actuelle. Il est de fait difficile de trouver des valeurs réglementaires auxquelles comparer les concentrations atteintes dans les eaux souterraines des DOM. Néanmoins, en compilant plusieurs textes issus de la réglementation européenne certaines substances retrouvées dans les eaux souterraines des DOM apparaissent problématiques vis-à-vis de la réglementation. Ces substances ont dépassé au moins une fois une norme réglementaire, généralement définie afin de protéger la santé humaine :

- l'atrazine, la déséthylatrazine, le bromacil, le propiconazole, l'asulame, le diuron et le fenarimol (2006/118/CE)
- le diclofénac et le 17-bêta-estradiol (« watch list » européenne)
- le dichlorvos, le pentachlorophénol et le fluoranthène (2013/39/UE)

Certaines de ces substances et d'autres montrent des concentrations dans les eaux souterraines des DOM pouvant causer des dommages sur la biodiversité aquatique (dépassement de la PNEC). Les substances suivantes doivent être considérées en priorité :

- la déséthylatrazine, l'hexazinone et la terbutryne
- l'éthinylestradiol et le 17-bêta-estradiol
- la bisphénol A et les perfluorés (PFOS et PFHpA)
- le triclosan

Une analyse spécifique des contextes hydrogéologiques et des interactions entre compartiments du milieu aquatique devra être réalisée sur les sites où ces dernières substances ont été quantifiées.

7.4. DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE ET TEMPORELLE DES MOLECULES DANS LES EAUX SOUTERRAINES DES DOM

7.4.1. Tests statistiques utilisés

Afin d'étudier les distributions des molécules en fonction de différents critères, deux analyses statistiques complémentaires ont été effectuées.

- **Fréquence cumulée du nombre de points de prélèvements en fonction du nombre de molécules quantifiées**

Des graphiques présentant la fréquence cumulée du nombre de points de prélèvements en fonction du nombre de molécules quantifiées ont été tracés. Ces graphiques permettent de déterminer le pourcentage de points pour lesquels le nombre de molécules quantifiées se situe au-dessous (ou au-dessus) d'une valeur particulière comme présenté sur l'illustration 55. L'étalement plus ou moins important de la courbe de fréquence cumulée renseigne par ailleurs sur l'homogénéité ou, à l'inverse, sur la diversité du nombre de molécules différentes quantifiées par station.

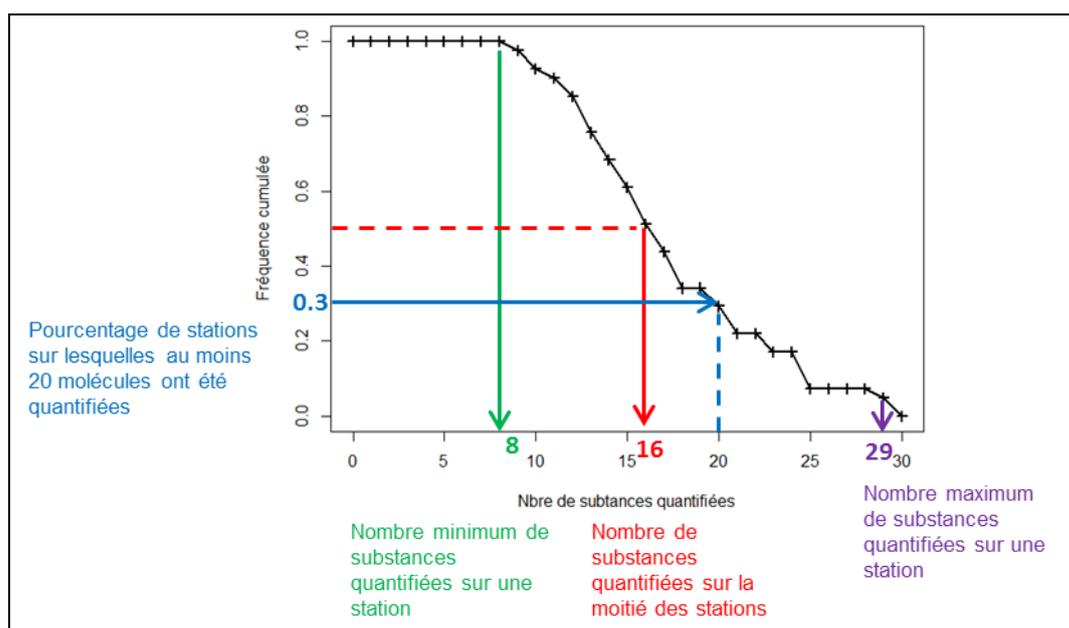


illustration 55: Fréquence cumulée du nombre de points de prélèvement en fonction du nombre de molécules quantifiées sur au moins une des deux campagnes avec exemples de valeurs pouvant être déduites de la lecture du graphique.

- **Test de Kruskal-Wallis**

Afin de savoir si les concentrations issues d'un groupe d'échantillons sont significativement différentes de celles issues d'autres groupes, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été appliqué.

Le test de Kruskal-Wallis permet de déterminer si au moins deux groupes de concentrations (les échantillons) sont différents, c'est-à-dire s'ils appartiennent ou non à la même population. Néanmoins, le test ne permet pas de déterminer, au sein de plusieurs échantillons, quels sont ceux qui n'appartiennent pas à la même population. Des comparaisons multiples par paires ont donc été réalisées pour chaque molécule par application du test de Conover-Iman. Une correction de Bonferroni a été appliquée afin d'identifier les contaminations significativement plus élevées et plus faibles au seuil de confiance 0,5 %.

Le test a été appliqué pour identifier les différences significatives entre chaque DOM, entre les deux campagnes d'échantillonnage C1 et C2 et entre les différentes pressions s'exerçant aux points de prélèvements.

7.4.2. Comparaison des résultats d'analyses entre les DOM

Les fréquences de quantification des 77 molécules quantifiées au moins une fois lors de l'étude prospective dans les eaux souterraines des DOM ont été calculées à l'échelle de chaque DOM. Ces fréquences de quantification « régionales » sont reportées en Annexe 8.

L'illustration 56 présente les graphiques de fréquence cumulée du nombre de points de prélèvements en fonction du nombre de molécules quantifiées pour les différents DOM.

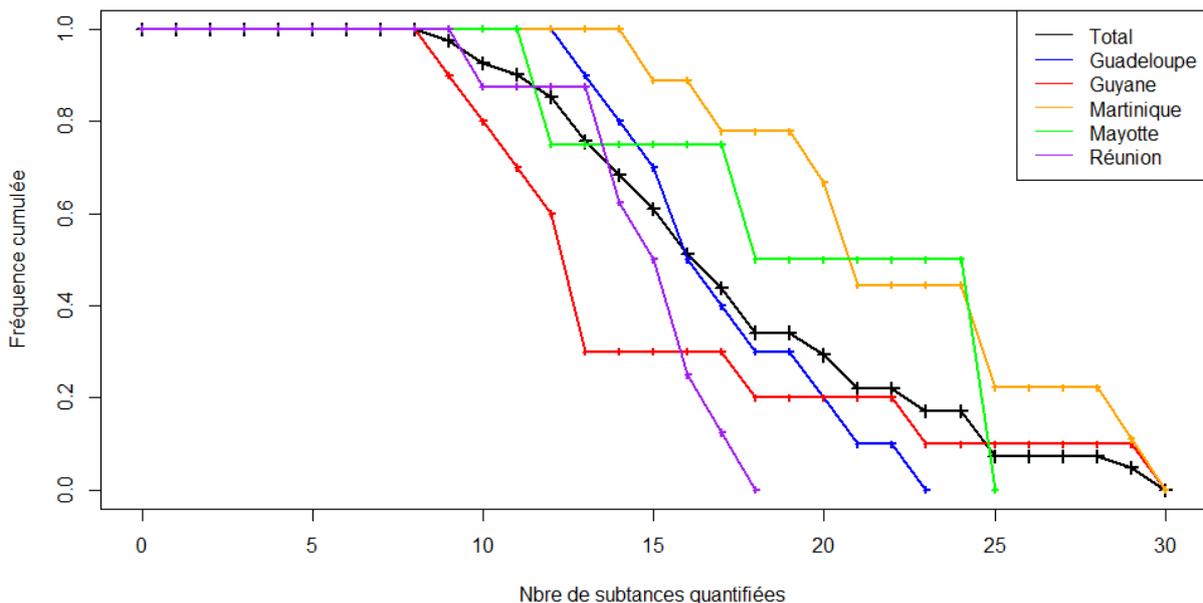


illustration 56 : Fréquences cumulées du nombre de points de prélèvements en fonction du nombre de molécules quantifiées sur au moins une des deux campagnes pour la totalité des points (en noir) et pour chaque DOM séparément.

La fréquence cumulée, tous points confondus, du nombre de points de prélèvements en fonction du nombre de molécules quantifiées sur au moins une des deux campagnes est présentée en noir sur l'illustration 56. Ce graphique montre que, à l'échelle de l'ensemble des DOM, entre 8 et 29 molécules différentes sont quantifiées sur les points de prélèvements. Les autres courbes de l'illustration 56 permettent d'évaluer les différences entre les DOM.

En Guadeloupe, le nombre de molécules différentes quantifiées par point varie entre 12 et 22. En Martinique, le nombre de molécules quantifiées par station est globalement plus important : 75 % des stations montrent au moins 19 molécules différentes quantifiées lors de l'étude prospective. A l'inverse, à la Réunion, le nombre de molécules différentes retrouvées sur les points de prélèvement est moindre : entre 9 et 17 molécules différentes sont quantifiées sur les différents points d'eau. En Guyane, le nombre de molécules quantifiées par point est également assez faible : sur 70% des points de prélèvements, moins de 12 molécules différentes ont été quantifiées. A Mayotte, le nombre de points de prélèvements est trop faible pour que les résultats soient significatifs. D'une manière générale, le nombre de points échantillonnés par DOM est relativement faible pour la réalisation d'une analyse statistique. Ces résultats sont donc à considérer avec précaution et demandent à être validés par l'échantillonnage d'autres points sur ces territoires.

L'illustration 57 présente, à l'échelle de chaque DOM, les fréquences de quantification et les résultats du test de Kruskal-Wallis appliqué sur les données de concentrations des 26 molécules pour lesquelles les différences sont significatives entre les DOM. Les contaminations significativement plus élevées sont notées en rouge.

Molécules	Code SANDRE	Code CAS	Famille d'usage	LQ (µg/L)	FQ Gua (%)	FQ Guy (%)	FQ Mar (%)	FQ May (%)	FQ Réu (%)
Asulame	1965	3337-71-1	Phytos	0,001	55 [§]	0 [¥]	17 [¥]	0 [¥]	19 [¥]
Imidaclopride	1877	138261-41-3	Phytos	0,0001	45	10 [¥]	33	83 [§]	56
6-deisopropyl atrazine (=DIA)	1109	1007-28-9	Phytos	0,001	40 [§]	0 [¥]	28	33	6
Deethylatrazine	1108	6190-65-4	Phytos	0,005	30 [¥]	0 [¥]	0 [¥]	0	44 [§]
Carbendazim	1129	10605-21-7	Phytos	0,001	25 [¥]	5 [¥]	11 [¥]	67 [§]	0 [¥]
Hexazinone	1673	51235-04-2	Phytos	0,005	20	0 [¥]	33 [§]	0 [¥]	0 [¥]
Diuron	1177	330-54-1	Phytos	0,003	10 [¥]	10 [¥]	44 [§]	0	6 [¥]
N,N-diméthyl-N'-p-tolylsulfamide (DMST)	6824	66840-71-9	Phytos	0,001	0 [¥]	10	0 [¥]	33 [§]	0 [¥]
Metolachlor ESA	6854	171118-09-5	Phytos	0,005	0 [¥]	0 [¥]	22 [§]	0	0 [¥]
Fénarimol	1185	60168-88-9	Phytos	0,005	0 [¥]	0 [¥]	0 [¥]	17 [§]	0 [¥]
Ibuprofen	5350	15687-27-1	Pharma	0,001	65 [§]	30	61	33	6 [¥]
Diclofenac	5349	15307-86-5	Pharma	0,002	35	0 [¥]	44 [§]	33	0
4-androstenedione	5385	63-05-8	Pharma	0,001	35 [§]	0 [¥]	28	33	6
Acétaminophen (paracétamol)	5354	103-90-2	Pharma	0,009	30 [¥]	30 [¥]	22 [¥]	100 [§]	13 [¥]
Ofloxacin	6533	82419-36-1	Pharma	0,005	10	0 [¥]	11	50 [§]	13
Bezafibrate	5366	41859-67-0	Pharma	0,001	10 [¥]	0 [¥]	6 [¥]	83 [§]	0 [¥]
Estrone	5396	53-16-7	Pharma	0,005	5	0 [¥]	22 [§]	0	0
Triméthoprim	5357	738-70-5	Pharma	0,001	0 [¥]	0 [¥]	11	33 [§]	0 [¥]
Norfloxacin	6761	70458-96-7	Pharma	0,005	0 [¥]	0 [¥]	6 [¥]	33 [§]	0 [¥]
Atenolol	5361	29122-68-7	Pharma	0,001	0 [¥]	0 [¥]	0 [¥]	50 [§]	0 [¥]
Ciprofloxacine	6540	85721-33-1	Pharma	0,007	0 [¥]	0 [¥]	0 [¥]	17 [§]	0 [¥]
Metronidazole	6731	443-48-1	Pharma	0,005	0 [¥]	0 [¥]	0 [¥]	17 [§]	0 [¥]
Bisphénol A	2766	80-05-7	Indus	0,001	100	90	100 [§]	100	94 [¥]
Di-n-butylphthalate (DBP)	1462	84-74-2	Indus	0,02	85	80 [§]	89 [§]	100 [§]	63 [¥]
Pentachlorophenol	1235	87-86-5	Indus	0,003	35 [¥]	45	89 [§]	83	38
Benzylbutylphthalate (BBP)	1924	85-68-7	Indus	0,01	5 [¥]	15 [¥]	44 [§]	50 [§]	0 [¥]

illustration 57 : Liste des molécules présentant des différences de concentrations significatives entre les DOM. ¥ : concentrations significativement plus faibles et § : concentrations significativement plus élevées (P<0,05 ; test de Kruskal-Wallis et test de Conover-Iman avec niveau de signification corrigé de Bonferroni 0,005).

L'analyse globale de ces résultats montre que de nombreuses molécules ressortent avec des concentrations significativement plus élevées en Martinique et à Mayotte que dans les autres DOM. Ainsi, en Martinique, non seulement le nombre de molécules différentes quantifiées par station est élevé mais aussi les concentrations en 9 molécules sont significativement plus élevées que dans les autres DOM. Il s'agit de 3 produits phytosanitaires, de 2 molécules pharmaceutiques et de 3 molécules issues de l'industrie. Parmi ces molécules, seul le métolachlore ESA (produit de dégradation du métolachlore) n'a été quantifié qu'en Martinique.

A Mayotte, 14 molécules montrent des concentrations dans les eaux souterraines significativement plus élevées que dans les autres DOM. Le fongicide fénarimol (melon et rosier) et les pharmaceutiques atenolol, ciprofloxacine et metronidazole n'ont été quantifiés que dans les eaux souterraines de Mayotte. Cette analyse révèle ainsi une contamination des eaux souterraines de Mayotte par les substances émergentes assez singulière en comparaison avec les autres DOM. En Guadeloupe, 5 molécules (3 phytosanitaires et 2 pharmaceutiques) sont quantifiées à des concentrations significativement plus élevées que dans les autres DOM. Aucune n'est toutefois spécifique à ce département. En Guyane et à la Réunion seulement une molécule (respectivement le Di-n-butylphthalate et la déséthylatrazine) est rencontrée avec une concentration significativement plus élevée que dans les autres DOM.

7.4.3. Comparaison des résultats entre les campagnes d'échantillonnages

Le nombre de molécules différentes quantifiées et la fréquence de quantification a été comparé entre la campagne réalisée en hautes eaux et la campagne réalisée en basses eaux.

Au vu des différents contextes climatiques des différents DOM, les périodes de basses et de hautes eaux sont différentes. Le tableau ci-dessous récapitule en quelle période ont été réalisées les 2 campagnes dans chacun des DOM.

	Guadeloupe	Guyane	Martinique	Mayotte	Réunion
Campagne 1	avril – BE	juin – HE	avril – BE	avril – HE	juin – BE
Campagne 2	oct - HE	nov/dec - BE	oct. - HE	sept. - BE	janv. - HE

illustration 58 : Date de réalisation des campagnes de prélèvement dans chacun des DOM et état basses eaux (BE) / hautes eaux (HE) correspondant.

L'illustration 59 présente les graphiques de fréquence cumulée du nombre de points de prélèvements en fonction du nombre de molécules quantifiées pour les deux campagnes d'échantillonnage (pour une aide à la lecture des graphiques on pourra se reporter à l'illustration 55).

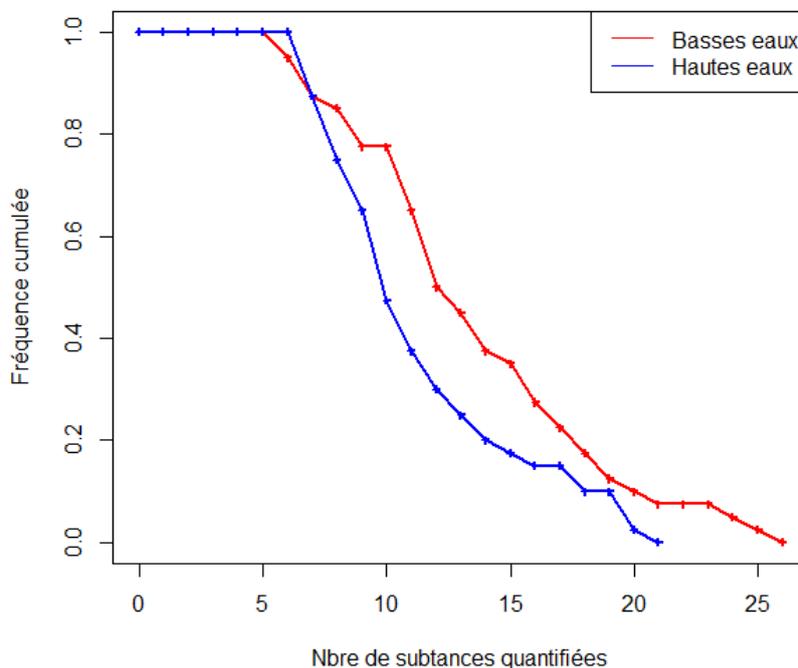


illustration 59 : Fréquence cumulée du nombre de points de prélèvements en fonction du nombre de molécules quantifiées lors la première campagne en basses eaux (en rouge) et en hautes eaux (en bleu).

Ces graphiques montrent que le nombre de molécules quantifiées par station est plus important lors de la campagne réalisée en basses eaux (BE) que lors la campagne réalisée en hautes eaux (HE) : lors de la campagne HE, 20 molécules différentes au maximum ont été quantifiées sur un même point alors que lors de la campagne BE, jusqu'à 25 molécules ont été quantifiées en un même point.

L'illustration 60 présente les fréquences de quantification en périodes basses et hautes eaux des 12 molécules pour lesquelles les concentrations sont significativement différentes entre les deux périodes (test de Mann-Whitney). Les contaminations significativement plus élevées sont notées en rouge.

Quatre produits pharmaceutiques (le paracétamol, l'ibuprofène la carbamazépine et le diclofénac), 3 hormones (la testostérone, la progestérone et l'estrone), 3 fongicides (le triclosan - d'usage courant -, l'azoxystrobine et la carbendazine - d'usage phytosanitaire -), 1 phtalate (le BBP) et la caféine présentent des concentrations significativement différentes entre les périodes basses et hautes eaux. Pour ces produits, les concentrations moyennes et médianes dans les eaux souterraines sont généralement plus importantes en période de basses eaux, sauf pour l'ibuprofène, le BBP et les deux fongicides agricoles azoxystrobine et carbendazime (illustration 61).

Molécules	Code SANDRE	Code CAS	Famille d'usage	LQ (µg/L)	FQ période BE (%)	FQ période HE (%)
Paracétamol	5354	103-90-2	Pharma	0,009	45	20
Ibuprofène	5350	15687-27-1	Pharma	0,001	25	60
Carbamazépine	5359	298-46-4	Pharma	0,0005	72,5	32,5
Diclofenac	5349	15307-86-5	Pharma	0,002	42,5	0
Testostérone	5384	58-22-0	Hormone	0,001	22,5	0
Estrone	5396	53-16-7	Hormone	0,05	12,5	0
Triclosan	5430	3380-34-5	Domestique	0,001	45	20
Benzylbutylphtalate (BBP)	1924	85-68-7	Industriel	0,01	10	27,5
Azoxystrobine	1951	131860-33-8	Agricole	0,0005	5	20
Carbendazime	1129	10605-21-7	Agricole	0,001	25	7,5
Caféine	6519	58-08-2	Domestique	0.001	90	92,5

illustration 60 : Fréquences de quantification des molécules qui présentent des différences de concentrations significatives entre les périodes basses eaux (BE) et hautes eaux (HE) (P-value < 0,05 ; test de test de Mann-Whitney).

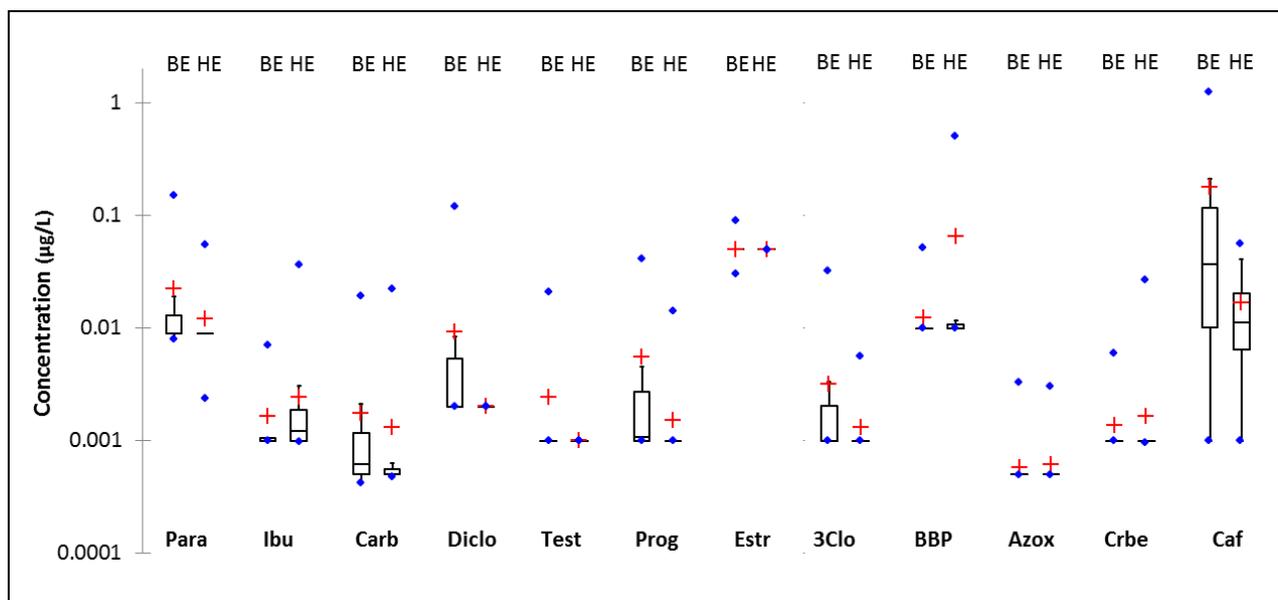


illustration 61 : Représentation en boîte à moustaches des concentrations des 12 molécules qui montrent des différences significatives entre les échantillons prélevés en basses eaux (BE) et en hautes eaux (HE). Para : paracétamol ; Ibu : ibuprofène ; Carb : carbamazépine ; Diclo : diclofenac ; Test : testostérone ; Prog : progestérone ; Estr : estrone ; 3Clo : triclosan ; BBP : benzylbutylphthalate ; Azox : azoxystrobine ; Crbe : carbendazime ; Caf : caféine. (p-value < 0,05 ; test de Mann-Whitney).

Fait remarquable

La Martinique apparait comme le DOM où le plus de substances différentes a été quantifié en moyenne sur chaque point de prélèvements en eau souterraine. A l'inverse, à la Réunion, le nombre de substances différentes retrouvées sur les points de prélèvement est faible par rapport aux autres DOM.

Le nombre de substances différentes quantifiées dans les eaux souterraines des DOM est globalement plus important en période sèche qu'en période humide. 4 substances présentent des concentrations significativement plus élevées lors de la campagne réalisée en basses eaux que lors de la campagne réalisée en hautes eaux. La testostérone et le diclofénac n'ont été quantifiés dans les eaux souterraines des DOM qu'en période de basses eaux.

7.5. EXPLOITATION PAR TYPOLOGIE DES AQUIFERES ET DES PRESSIONS

7.5.1. Exploitation selon la typologie des aquifères

Afin de comparer le nombre de molécules quantifiées selon la typologie des masses d'eau, les graphiques présentant la fréquence cumulée du nombre de points de prélèvement en fonction du nombre de molécules quantifiées selon le type d'aquifère capté par le point d'eau sont reportés sur l'illustration 62 (pour une aide à la lecture des graphiques on pourra se reporter au paragraphe 7.4.1).

Il est néanmoins difficile de tirer des conclusions à partir de l'analyse de ces graphiques étant donné que les points de prélèvements se répartissent de manière très inégale dans les différentes typologies de masses d'eau : une très grande majorité des points de prélèvement est situé dans une masse d'eau de type volcanique et les masses d'eau de type alluvial et sédimentaire ne sont représentées que par 2 et 3 points respectivement. On ne se livrera donc pas à une exploitation statistique des résultats pour ces deux derniers types de masses d'eau.

Il est cependant intéressant de constater que globalement moins de molécules différentes sont quantifiées sur les points situés dans des masses d'eau de type socle que dans les autres types de masses d'eau.

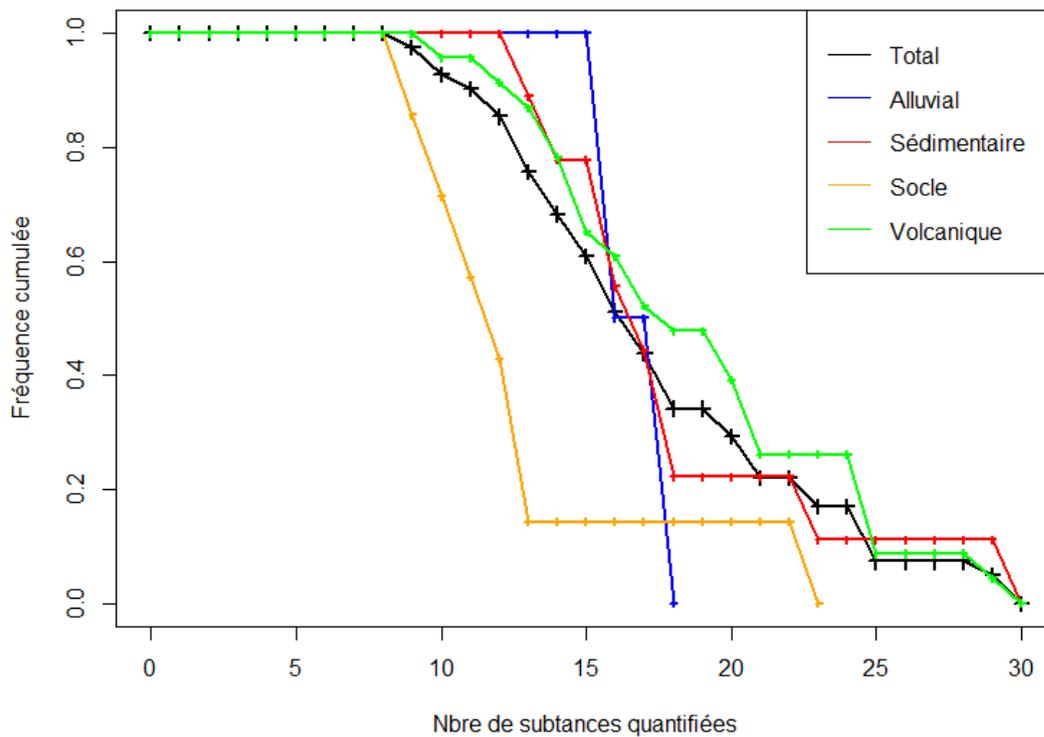


illustration 62 : Fréquence cumulée du nombre de points de prélèvements en fonction du nombre de molécules quantifiées pour les différentes typologie d'aquifères.

7.5.2. Exploitation selon les pressions aux points de prélèvement

Afin de comparer le nombre de molécules quantifiées selon la typologie, les graphiques présentant la fréquence cumulée du nombre de points de prélèvement en fonction du nombre de molécules quantifiées selon la pression s'exerçant au point d'eau sont reportés sur l'illustration 62 (pour une aide à la lecture des graphiques on pourra se reporter au paragraphe 7.4.1).

Pour chaque point d'eau, l'environnement immédiat des prélèvements a été qualifié au moment du choix des stations (voir §3). Dans un premier temps, à chaque type d'environnement a été associé un type de pression. Trois différentes pressions ont été identifiées : agricole, industrielle et urbaine. La pression est qualifiée de mixte lorsque plusieurs pressions existent pour un même point. Cette association « environnement au point de prélèvement / pression sur les eaux souterraines » a été faite sans étudier de manière approfondie les liens entre les environnements des stations et les impacts potentiels sur les eaux souterraines. Les résultats présentés ci-après constituent donc une première approximation du lien potentiel entre la pression anthropique et la présence de certaines molécules. Ce travail pourra être affiné en réalisant des études locales de « pression/impact » sur les points les plus impactés par la présence de molécules problématiques.

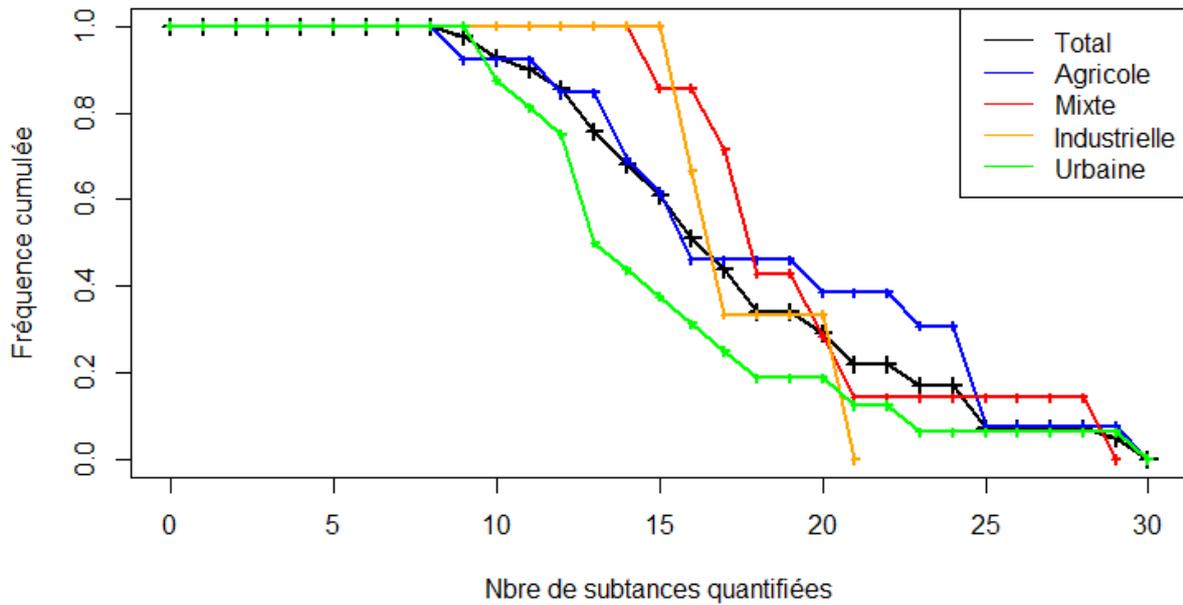


illustration 63 : Fréquence cumulée du nombre de points de prélèvements en fonction du nombre de molécules quantifiées pour les différentes pressions s'exerçant au point d'eau

Seuls trois points de prélèvement correspondent à une pression de type industrielle, ce qui est trop peu pour conclure sur ce groupe. Pour les autres types de pressions, l'illustration 63 montre que le nombre de molécules différentes quantifiées aux points de prélèvements est globalement comparable quel que soit le groupe auquel la station appartient. Il semblerait toutefois que plus de molécules différentes sont quantifiées sur les points d'eau sur lesquels s'exerce une pression mixte que sur les points d'eau sur lesquelles s'exerce une pression urbaine. Les points d'eau sur lesquels s'exerce une pression agricole montrent une distribution intermédiaire.

L'illustration 64 présente les fréquences de quantification par grand type de pression ainsi que les résultats du test de Kruskal-Wallis appliqué sur les concentrations des molécules qui présentent des différences significatives selon le type de pression exercé au point d'eau (pour l'explication du test, on pourra se reporter au paragraphe 7.4.1). Les concentrations significativement plus élevées sont notées en rouge.

Molécules	Code SANDRE	Code CAS	Famille d'usage	LQ (µg/L)	FQ Agri (%)	FQ Indus. (%)	FQ Mixte (%)	FQ Urbain (%)
Asulame	1965	3337-71-1	Phytos	0,001	28 [¥]	83 [§]	12 [¥]	9 [¥]
Imidaclopride	1877	138261-41-3	Phytos	0,0001	60 [§]	33	41	22 [¥]
Metolachlor ESA	6854	171118-09-5	Phytos	0,005	16 [§]	0	0	0 [¥]
BisphénolA	2766	80-05-7	Industriel	0,001	100 [§]	83	100 [§]	94 [¥]
Perfluoroheptanoic_acid-PFHpA	5977	375-85-9	Industriel	0,001	0 [¥]	67 [§]	24	22
Perfluorooctanoic_acid-PFOA	5347	335-67-1	Industriel	0,001	4 [¥]	67 [§]	29	25

illustration 64 : Liste des molécules présentant des différences de concentrations significatives selon le type de pression identifié au point de prélèvement. ¥ : concentrations significativement plus faibles et § : concentrations significativement plus élevées (P<0,05 ; test de Kruskal-Wallis et test de Conover-Iman avec niveau de signification corrigé de Bonferroni 0,005).

Il est généralement attendu des concentrations en substances phytosanitaires plus importantes dans les eaux souterraines soumises à des pressions de type agricole que dans les autres types d'environnements. Or, si tel est le cas pour l'imidaclopride et le métolachlore ESA (un des métabolites de l'herbicide métolachlore), l'asulame est en revanche quantifié plus souvent et dans des concentrations plus importantes sur des stations localisées en zones industrielles. Cet herbicide est pourtant utilisé dans les DOM sur la canne à sucre principalement.

Deux acides perfluorés (PFHpA et PFOA) sont quantifiés plus souvent et en des concentrations significativement plus élevées sur les points d'eau pour lesquels la pression est industrielle. Ces molécules sont à l'inverse significativement moins retrouvées sur les points de prélèvements localisés dans des zones agricoles.

De manière plus étonnante, le bisphénol A apparaît plus souvent et en concentration plus importante dans les masses d'eau ayant une pression agricole et mixte par rapport aux masses d'eau ayant une pression urbaine. Ces constatations confirment la nécessité de continuer le travail sur la maîtrise des conditions d'échantillonnages pour ces molécules « sensibles ». Les fortes concentrations en bisphénol A dans les eaux souterraines soumises à pressions agricoles peuvent-elles être réellement expliquées par ces activités anthropiques ou est-ce le résultat de contaminations lors des opérations d'échantillonnages ?

7.6. REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE DES RESULTATS PAR DOM

Les données des campagnes hautes et basses eaux ont été représentées sur des cartes (Annexe 2) :

- par DOM
- par point de prélèvement
- par campagne de prélèvement
- par famille d'usage des molécules, présentée en Annexe 4

Seules les molécules quantifiées sont représentées. L'ensemble des molécules recherchées représentent quatre familles d'usage, phytosanitaires, pharmaceutiques, industrielles et domestiques (ou « personal care »). La somme des concentrations des molécules quantifiées au point est calculée et présentée sur les cartes de l'Annexe 2.

Les points de prélèvement pour lesquels aucune molécule n'est quantifiée sont également représentés sur les cartes. Les points de prélèvement sont présentés dans le chapitre 3.

Ces cartes sont une base pour une interprétation plus fine des résultats, à l'échelle du point de prélèvement.

8. Conclusions

La convention de partenariat ONEMA-BRGM 2012-2013 relative à une étude des contaminants émergents dans les eaux française dresse la liste des contributions du BRGM convenue entre les parties :

- réalisation et suivi des prélèvements
- analyse des échantillons d'eau souterraine pour une partie des molécules de la campagne et réalisation de contrôles qualité spécifiques
- réception et bancarisation des données
- interprétation des données

Les travaux réalisés par le BRGM sont synthétisés dans le présent rapport et les conclusions présentées par tâches définies dans la convention de partenariat.

8.1. REALISATION ET SUIVI DES PRELEVEMENTS

Les équipes régionales du BRGM ont coordonné les prélèvements en partenariat avec les DEAL, Offices de l'eau (ODE) et les ARS, jouant un rôle nécessaire dans plusieurs étapes de réalisation des prélèvements. L'organisation des prélèvements a commencé par la sélection des points de prélèvement. 42 points de prélèvement répartis sur 5 DOM ont été choisis pour l'étude prospective d'analyses des contaminants organiques présents dans les eaux souterraines. Les points ont été sélectionnés en fonction des pressions anthropiques exercées sur ces points, pression agricole, urbaine, voire industrielle. Deux points de prélèvement ont fait l'objet d'un remplacement entre la première et la deuxième campagne de prélèvement. Les données relatives aux pressions au droit des points de prélèvement ont été capitalisées et sont présentées dans le chapitre 6.

Deux campagnes de prélèvement ont été réalisées, d'avril à juin 2012 pour la première et de septembre 2012 à janvier 2013 pour la deuxième. Le BRGM a été en charge de ces prélèvements, sauf à la Réunion, où l'Office de l'eau a réalisé les prélèvements de 7 points et le BRGM un point. Les étapes d'échantillonnage sont détaillées dans la partie 4 pour chaque DOM.

Globalement les opérations se sont bien déroulées, néanmoins quelques problèmes ont perturbés les prélèvements et/ou peuvent avoir un impact sur le résultat d'analyses des molécules :

- Dans l'ensemble des DOM et pour plusieurs échantillons, l'envoi des glacières vers les laboratoires n'ont pas pu se faire le jour du prélèvement à cause des horaires fixes du FRET. Compte tenu des distances à parcourir, de la disponibilité des exploitants et du temps de réalisation des prélèvements, plusieurs échantillons n'ont pas pu être déposés et envoyés le jour du prélèvement.
- Quelquefois la colonne d'eau n'a pas été complètement renouvelé à l'aide d'une pompe, car les conditions de déplacement d'un groupe électrogène (Guyane) ou sa disponibilité (Mayotte) n'étaient pas favorables.

- Les conditions climatiques lors des prélèvements ont été décrites. A la Réunion, il est important de noter que l'île connaît depuis 4 ans une période de sécheresse exceptionnelle et certains secteurs de l'île sont fortement touchés. De plus une à deux semaines avant la deuxième campagne de prélèvement réalisées en janvier 2013, un cyclone tropical est passé au large des côtes réunionnaises. Une hausse des niveaux piézométriques a été observée suite à cet épisode pluvieux.

Le BRGM avait en charge la réalisation des prélèvements sur les cours d'eau de Mayotte et de Guyane (5 points et 3 campagnes de prélèvement pour chacun des deux DOM).

Les paramètres in situ ont été mesurés sur chaque point de prélèvement. Quelques paramètres n'ont pas pu être mesurés dans certains cas, principalement à cause de pannes du matériel. Les mesures et les problèmes rencontrés, ainsi que les analyses en ions majeurs sont présentés dans le chapitre 6. Le diagramme de Piper a été utilisé pour représenter synthétiquement les analyses en ions majeurs et définir les faciès chimiques des eaux au droit des points de prélèvement.

8.2. ANALYSE DES ECHANTILLONS D'EAU SOUTERRAINE POUR UNE PARTIE DES MOLECULES DE LA CAMPAGNE ET REALISATION DE CONTROLES DE QUALITE SPECIFIQUES

189 molécules ont été analysées dans les eaux souterraines lors de l'étude prospective 2012-2013 dans les DOM, dont 34 par le laboratoire du BRGM. Les autres molécules ont été analysées par les laboratoires LPTC de Bordeaux et CNRS basé à Lyon.

Les contrôles analytiques effectués conformément au cahier des charges établi par le GT Analyse de l'étude prospective n'ont pas mis en évidence d'anomalie sur les résultats des 34 paramètres analysés par le BRGM. Les contrôles de stabilité des molécules, effectués en laboratoire dans des conditions contrôlés et sur une durée de 7 jours, ont montré, que pour les molécules analysées par le BRGM, une stabilité correcte était assurée sur 7 jours à l'exception du captane et du folpel qui n'ont pas été retrouvés même après quelques heures.

Toutefois, vu le caractère émergent de certaines molécules, l'impact de certaines pratiques liées notamment à l'échantillonnage n'est pas encore suffisamment connu et il n'est pas exclu que des contaminations aient pu se produire. C'est pourquoi des réserves sont émises concernant les résultats obtenus sur les concentrations en phtalates, bisphénol A et caféine. Par conséquent il est proposé, à la suite de ces campagnes, de réaliser des études méthodologiques concernant l'impact des opérations d'échantillonnage sur certaines familles de substances et d'accentuer les contrôles qualité réguliers en parallèle des campagnes de surveillance visant les substances émergentes les plus sensibles aux contaminations.

8.3. RECEPTION ET BANCARISATION DES DONNEES

Les fichiers de données ont été récupérés auprès des laboratoires (CNRS, LPTC, BRGM) sous un même format.

Il a été convenu entre les laboratoires d'analyses et les organismes de financeurs de mettre à disposition du public sur ADES les données d'analyses des contaminants organiques relatives aux eaux souterraines pour les deux campagnes de prélèvement à partir de mai 2014.

8.4. INTERPRETATION DES RESULTATS

Le BRGM, l'INERIS et l'IFREMER avec la DEB et l'ONEMA ont défini un format commun de présentation des résultats des analyses. Cette première exploitation des résultats est une approche essentiellement statistique et permet de rendre compte de l'étude réalisée à grande échelle, i.e. l'analyse de 189 substances émergentes sur 42 points de prélèvement répartis dans 5 DOM lors de deux campagnes de prélèvement. 15050 analyses ont été réalisées et exploitées. Les résultats clés à retenir sont :

- 77 molécules ont été quantifiées au moins une fois (40% des molécules recherchées)
- 14 molécules ont été retrouvées dans les eaux souterraines des 5 DOM investigués, dont 13 ayant une fréquence de quantification (FQ) > 25 %.
- ces molécules sont des produits pharmaceutiques d'usage courant (analgésiques, anti-inflammatoires et anticonvulsif), des produits phytosanitaires à large spectre d'action interdits ou en passe de l'être (herbicide et insecticide), des plastifiants et des molécules d'usage domestique présentes dans l'alimentation (caféine) et dans les produits de soins corporels (antibactérien).
- la distribution géographique des molécules est représentée sur les cartes de l'Annexe 2

Les concentrations en substances émergentes dans les eaux souterraines sont très peu réglementées à l'heure actuelle. Il est de fait difficile de trouver des valeurs réglementaires auxquelles comparer les concentrations atteintes dans les eaux souterraines des DOM. Néanmoins, en compilant plusieurs textes issus de la réglementation européenne certaines molécules retrouvées dans les eaux souterraines des DOM apparaissent problématiques vis-à-vis de la réglementation. Ces molécules ont dépassé au moins une fois une norme réglementaire, généralement définie afin de protéger la santé humaine :

- l'atrazine, la déséthylatrazine, le bromacil, le propiconazole, l'asulame, le diuron et le fenarimol (2006/118/CE)
- le diclofénac et le 17-bêta-estradiol (« watch list » européenne)
- le dichlorvos, le pentachlorophénol et le fluoranthène (2013/39/UE)

Certaines de ces molécules et d'autres montrent de plus des concentrations dans les eaux souterraines des DOM pouvant causer des dommages sur la biodiversité aquatique (dépassement de la PNEC). Les molécules suivantes doivent être considérées en priorité :

- la déséthylatrazine, l'hexazinone et la terbutryne
- l'éthinylestradiol et le 17-bêta-estradiol
- la bisphénol A et les perfluorés (PFOS et PFHpA)
- le triclosan

Les principaux objectifs de l'étude prospective 2012-2013 DOM et de la campagne exceptionnelle de 2011 réalisée en métropole sur les substances émergentes présentes dans les eaux souterraines ont été atteints. Outre les nouvelles connaissances acquises sur la présence dans les eaux souterraines de molécules jusqu'alors jamais recherchées, les résultats des différentes campagnes exceptionnelles et prospectives ont en effet été utilisés en 2013 par le CEP afin de dresser les listes des Polluants Spécifiques de l'Etat Ecologique (PSEE) et des substances de la Feuille de Route pour la Transition Ecologique (FRTE). Ces résultats ont aussi aidé à la révision des programmes de surveillance qui intervient pour le nouveau cycle de gestion DCE (2015-2021) avec notamment l'établissement de la liste des substances pertinentes à surveiller dans les eaux de surface et celle des substances à surveiller dans les eaux souterraines.

Il est néanmoins prévu de poursuivre la valorisation des résultats sur les eaux souterraines dans le cadre d'une convention ONEMA-BRGM en 2014. Des données nécessaires à une interprétation plus approfondie des résultats ont en effet été récoltées auprès des partenaires du projet ou grâce à la littérature et la connaissance du contexte local par les équipes investigatrices. Les pressions exercées aux points, la géologie et le climat spécifique à chaque DOM seront des informations utiles pour approfondir l'analyse des résultats. L'aspect géochimique a aussi été abordé grâce aux analyses des éléments majeurs réalisées dans le cadre de l'étude. Des croisements entre les résultats acquis dans les différentes catégories d'eau (eaux souterraines et eaux superficielles notamment) seront réalisés en partenariat avec l'INERIS. Un réel effort sera enfin consenti afin de communiquer les résultats de l'étude auprès du grand public mais aussi de diffuser ces nouvelles connaissances au sein de la communauté scientifique.

9. Bibliographie

Aquifère & Eaux souterraines. Tome 2. Brgm Editions : Orléans. 2006

Baïssat M. (2012) – Connaissance des aquifères littoraux en Guyane. Phase 1 : approche lithologique et structurale du secteur Cayenne/Kourou, mise en évidence de nappes alluviales – Rapport intermédiaire. Rapport BRGM/RP-61256-FR, 66 p.

Botta.F. et al. (2013), - Proposition d'un cadre pour l'exploitation des données « substances émergentes » dans le cadre de l'étude prospective 2012. Ref. Ineris DRC-12-127331-05319A

Bourdaa S. (2011) – Evolution des remontées du front des 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sur la Comté et le Kourou – 2010. Rapport BRGM/RP-59454-FR, 35p.

Bourdon E., Chiozzotto C. (2012) – Impacts géotechniques et hydrauliques de l'élévation du niveau de la mer due au changement climatique dans le contexte urbain côtier de la zone pointoise (Guadeloupe). Rapport BRGM/RP-60857-FR, 135 p.

Brenot A., Allier D., Dumon A. (2008) – Identification des zones à risques de fond géochimique élevé dans les cours d'eau et les eaux souterraines en Guadeloupe. Rapport BRGM/RP-55709-FR, 102p.

Brenot A., Vittecoq B., Négrel P., Mardhel V., (2008) - Système d'information sur les eaux souterraines de Martinique : Caractérisation physico-chimique naturelle des eaux souterraines. Rapport BRGM/RP-56266-FR. 105p.

Bristeau S., Ghestem J.P. (2012) - Campagne exceptionnelle d'analyse des substances émergentes dans les eaux souterraines de métropole : bilan de contrôles de qualité analytiques. Rapport final BRGM/RP-61886-FR, 108p.

Chery L. (2006) – Qualité naturelles des eaux souterraines, Méthode de caractérisation des états de références des aquifères français. Guide technique. Brgm Editions. Orléans.

Courbin A., Ducreux L., Lucas C., Jaouen T., Ghestem JP., Lopez B., Tailame AL. (2012) – Etude prospective 2012-2013 : Opérations d'échantillonnage et d'analyses et premiers résultats relatifs aux eaux souterraines des DOM. Rapport intermédiaire. BRGM/RP-61764-FR.82 p., 15 fig., 23 tabl.

Croiset N., Lopez B., Surdyk N., Blum A., Dumon A., Arnaud L., Jaouen T., Parizot M., Aunay B., Petit V. (2012) - Campagne exceptionnelle d'analyses des substances présentes dans les eaux souterraines dans les DOM. Contribution au cahier des charges technique. Rapport final BRGM/RP-61146-FR ; 87p.

Dörfliger N., Dumon A., Aunay B., Picot G. et al. (2011) – Influence de la montée du niveau de la mer sur le biseau sale des aquifères côtiers des DROM/COM. Rapport final. BRGM/RP-60828-FR, 285p.

Ducreux L. (2013) – Surveillance de l'état chimique des masses d'eau souterraine de la Guadeloupe au titre de la DCE – Année 2012. Rapport BRGM/RP-62442-FR, 47p.

Dumon A., Ducreux L., Bourdon E., Pinson S. (2011) – Etude du bassin d'alimentation du captage prioritaire de Belle-Terre – Guadeloupe. BRGM/RP-60343-FR, 100p.

Focazio M.F., Kolpin D.W., Barnes K.K., Furlong E.T., Meyer M.T., Zaugg S.D., Barber L.B., Thurman M.E. (2008) - A national reconnaissance for pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the United States – II) Untreated drinking water sources. Science of the Total Environment, vol. 402, pp. 201-216.

Jaouen T., Vittecoq B., Lions J., Castillo C., Deparis J., Baltassat J.M., François B., Pinson S., Gourcy L., Winckel A., Allier D. (2012) Caractérisation hydrogéologique du potentiel en eau souterraine de Mayotte – Secteur Nord-Ouest. Rapport final BRGM/RP-59550-FR. 424p.

Jouen T., Vittecoq B., Castillo C. et al. (2013) – Caractérisation hydrogéologique du potentiel en eau souterraine de Mayotte – Secteurs Centre et Sud. Rapport final BRGM/RP-61757-FR, 320p.

Lions J., Allier D., Pinson S., Vittecoq B. (2008) – Identification des zones à risque de fond géochimique élevé dans les cours d'eau et les eaux souterraines en Martinique. Rapport BRGM/RP-56748-FR, 122p.

Lions J., Aunay B., Chaboud B. (2011) – Etat qualitatif des eaux d'émergence de la Réunion. Phase 1 : synthèse et analyse des données. Rapport BRGM/RP-57638-FR, 167p.

Lions J., Pinson S., Aunay B. (2008) – Identification des zones à risque de fond géochimique élevé dans les cours d'eau et les eaux souterraines de la Réunion. Rapport BRGM /Rp-56856-FR, 126p.

Lions J., Pinson S., Parizot M. (2009) – Identification des zones à risque de fond géochimique élevé dans les cours d'eau et les eaux souterraines de la Guyane. Rapport BRGM RP-57860-FR, 119p.

Lopez B., Laurent A., (2013) Campagne exceptionnelle d'analyse des substances présentes dans les eaux souterraines de métropole. Rapport final. BRGM/RP-61853-FR.

Malard A., Vaudour K., Winckel A. (2008) – Modalités d'exploitation et de protection de l'aquifère de Kawéni – Année 3. Rapport BRGM/RP-56776-FR, 116p.

Mons M.N. et al., (2013) Use of the Threshold of Toxicological Concern (TTC) approach for deriving target values for drinking water contaminants. *Water Research*, vol. 47, pp. 1666-1678

Mathon E., Amalric L., Ghestem J.P., Schiavone S., Coquery M. (2011), Substances prioritaires candidates DCE: méthodes d'analyse disponibles et capacités analytiques des laboratoires. Rapport BRGM/RP-60413-FR, 189p.

Négre P., Petelet-Giraud, E. (2001) - Les eaux souterraines de la Guyane: caractéristiques hydrogéochimiques et isotopiques. Rapport BRGM/PP-50306-FR, 80 p.

Parizot M., (2007) - Définition du réseau de surveillance de l'état quantitatif et chimique des masses d'eau souterraine de la Guyane. BRGM/RP-55576-FR. 75 p.

Perbet P. (2011) – Pesticides en Guyane : état des lieux de la contamination des eaux continentales sur 10 ans et analyse bibliographique de leur comportement en milieu tropical. Rapport BRGM/RP-60182-FR, 62 p.

Petit V., Aunay B., Stollsteiner P. (2012) – Adéquation des besoins et des ressources en eau dans le secteur de Trois-Bassins. Rapport BRGM/RP-60331-FR, 79p.

Petit V., Dourgaparsad M. (1993) – Gestion des nappes de Grande-Terre et de Marie-Galante suivi qualité (1991-1992). Rapport BRGM/RR-36652-FR, 17p.

Stieltjes L., Steenhoudt M., Daessle M. (1985) - Bilan des ressources, besoins et gestion de l'eau à la Réunion. Rapport BRGM/85REU19

Stollsteiner P., Lachassagne P., Paulin Ch., Néel F. (2000) – Bilan des connaissances hydrogéologiques de la Martinique – Volume 1 – Rapport BRGM/RP-50071-FR, 137p.

Wyns R. (1999) - Cartographie quantitative de la ressource en eau souterraine – Carte à 1/50000 Plabennec-Est (Finistère Nord) – Rapport BRGM R40519, 23p.

Annexe 1

Photos des points de prélèvement

Guadeloupe

Audoin



Duchassaing



Charropin



Jabrun



Etang Noir



Source 2



CSDU Sainte-Rose



EDF Jarry – PZN2



Belle-Terre



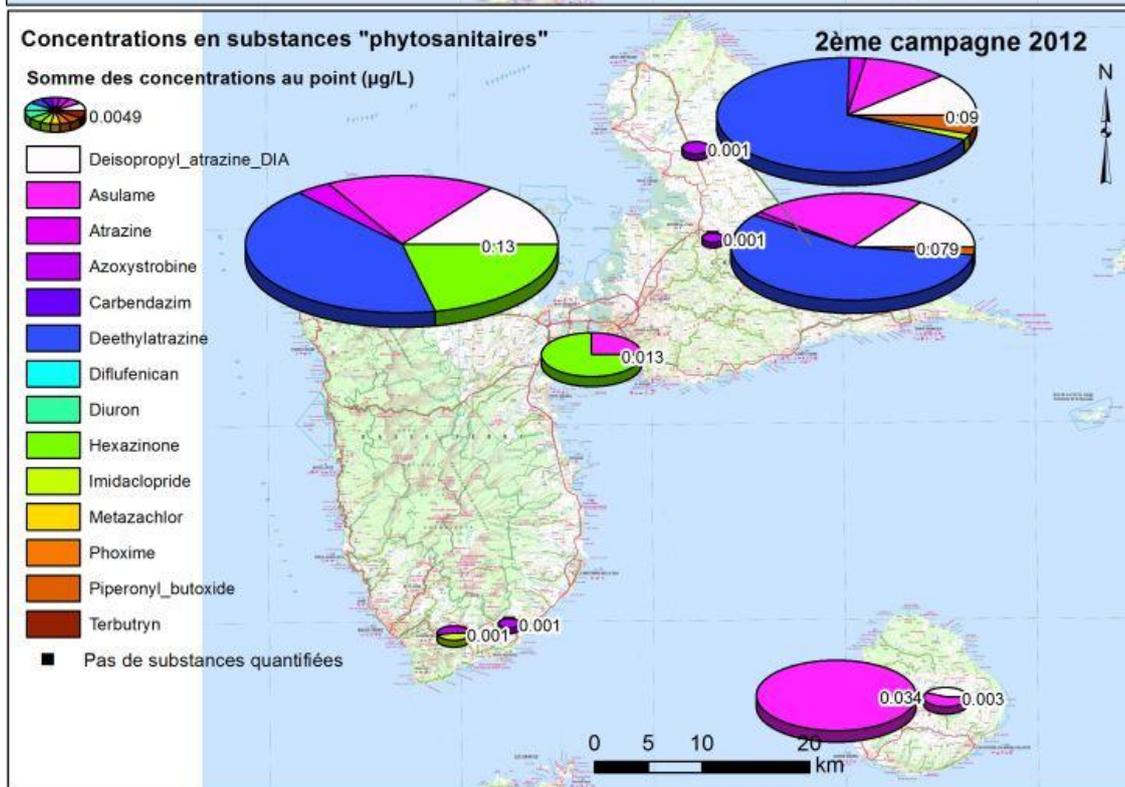
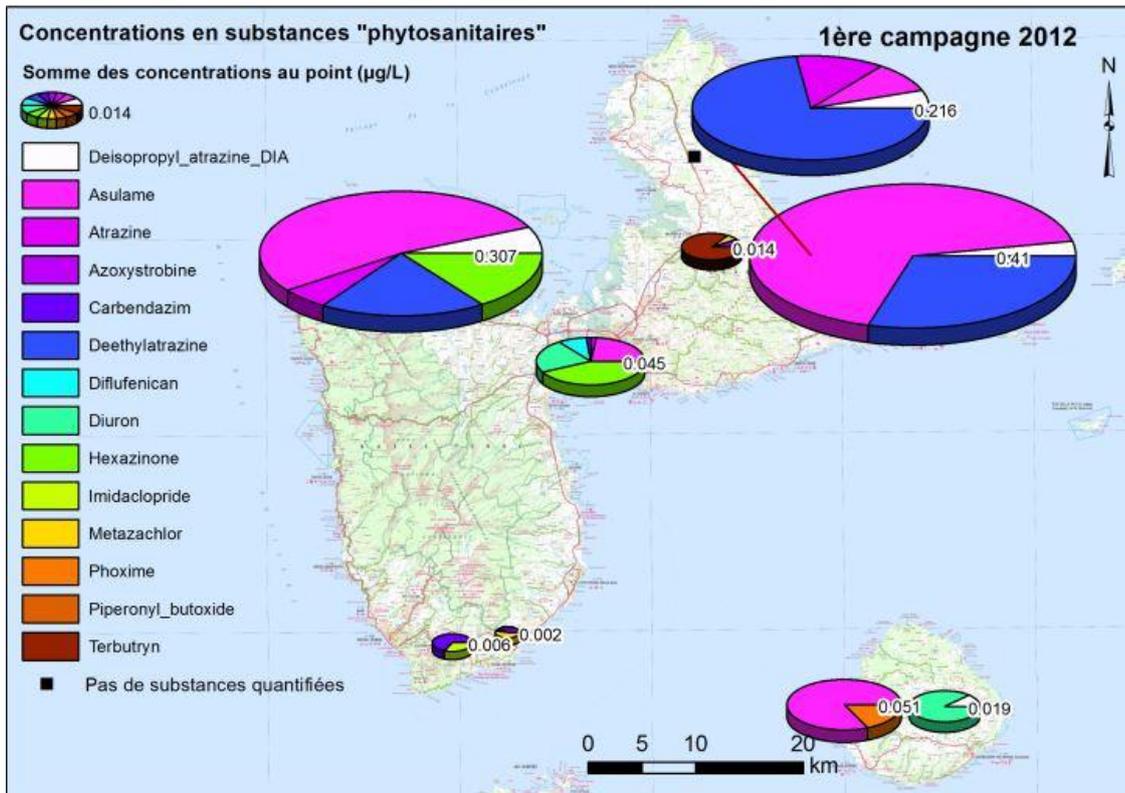
La Plaine

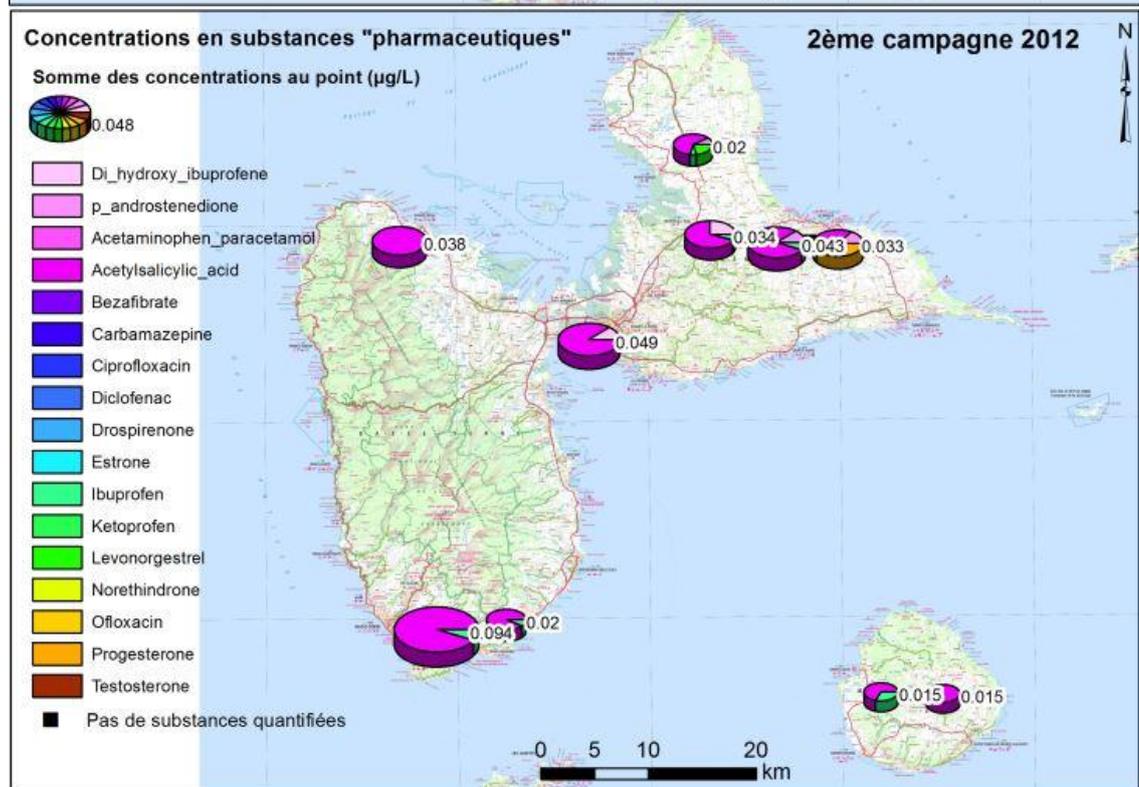
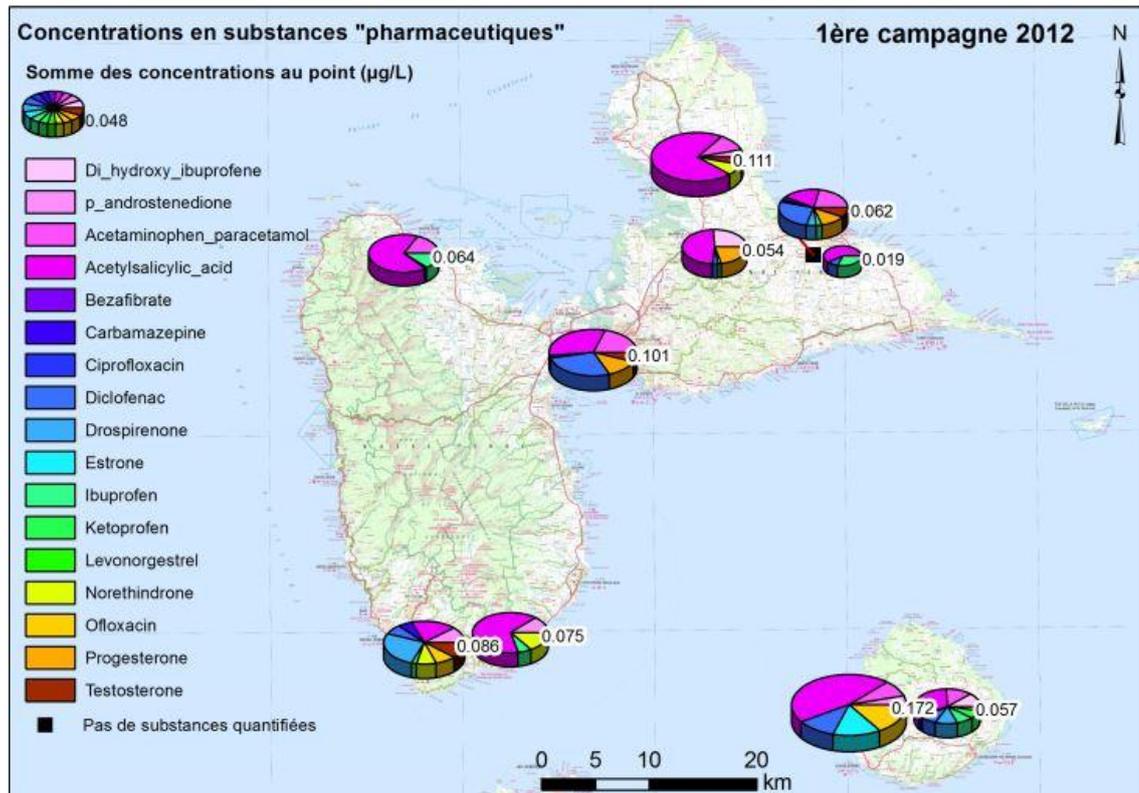


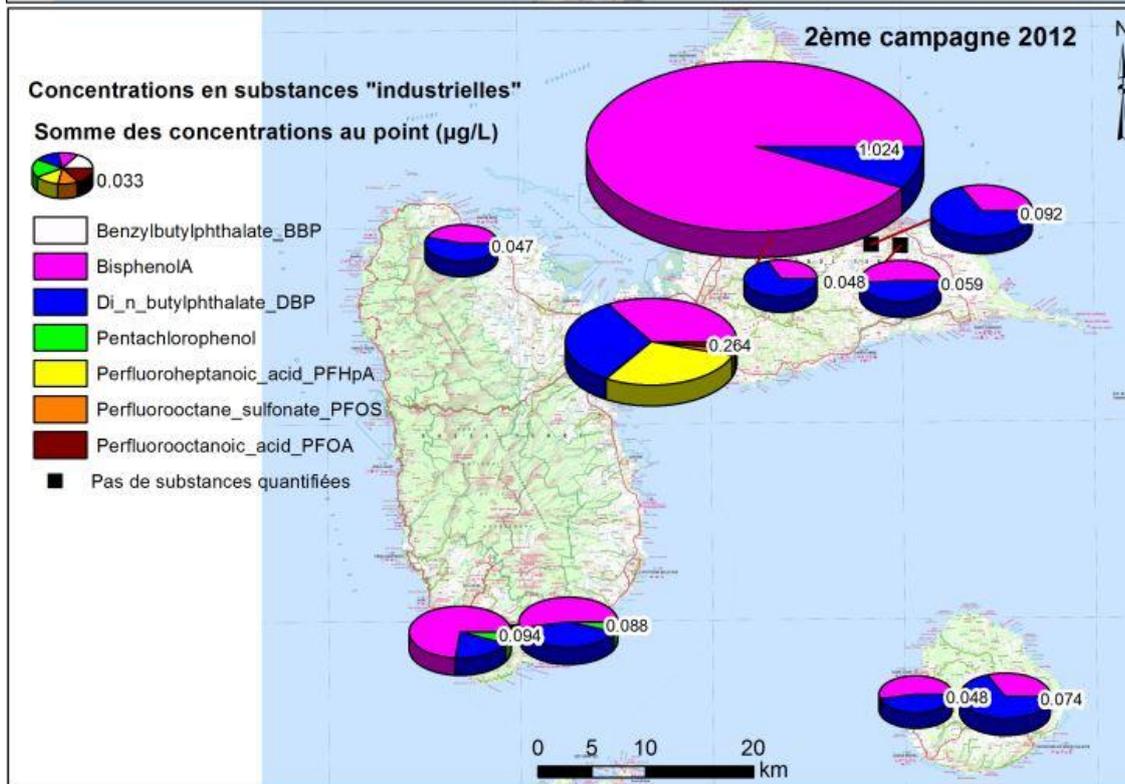
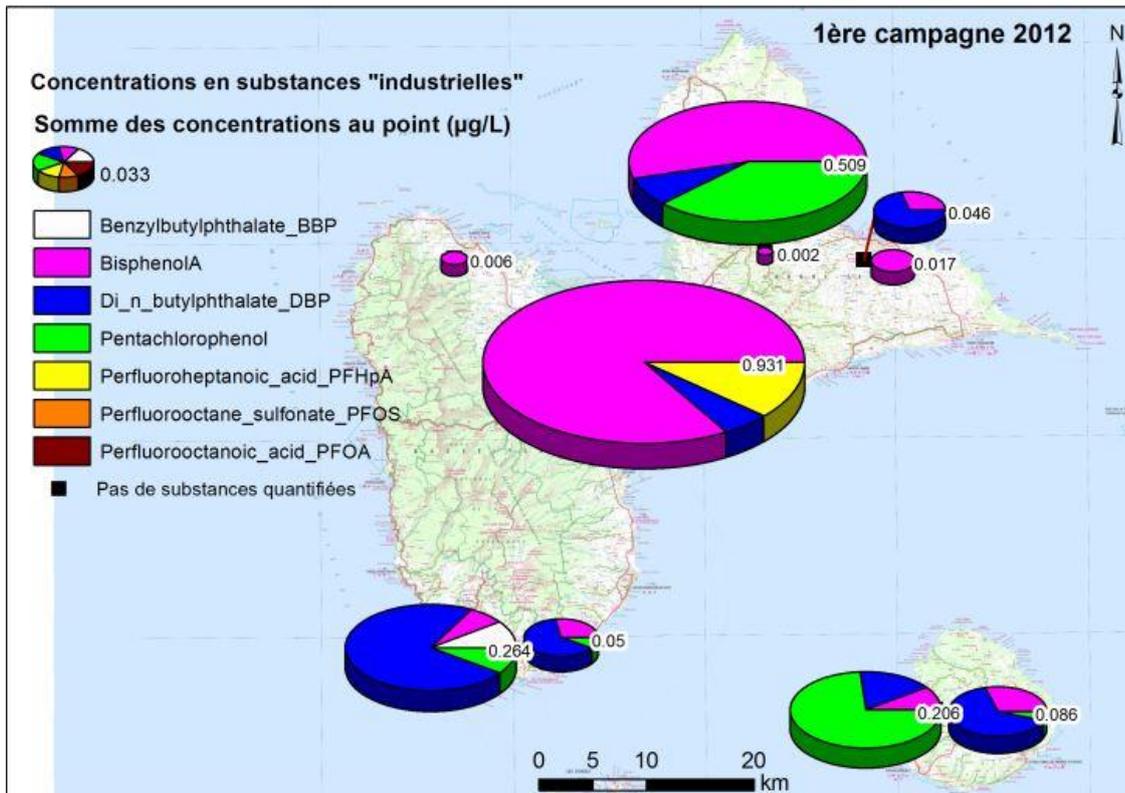
Annexe 2

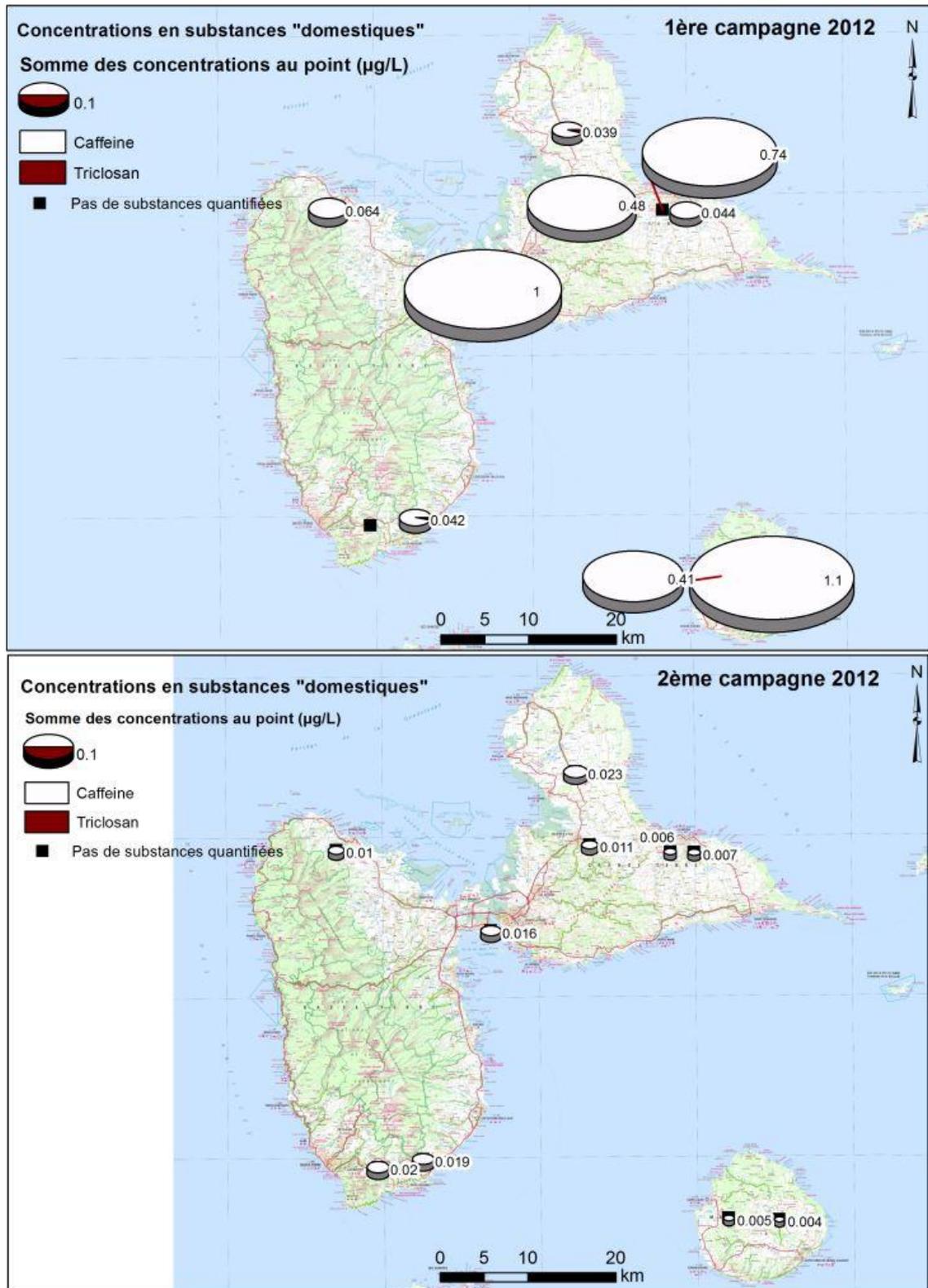
Cartographie des molécules par famille d'usage et par DOM

GUADELOUPE

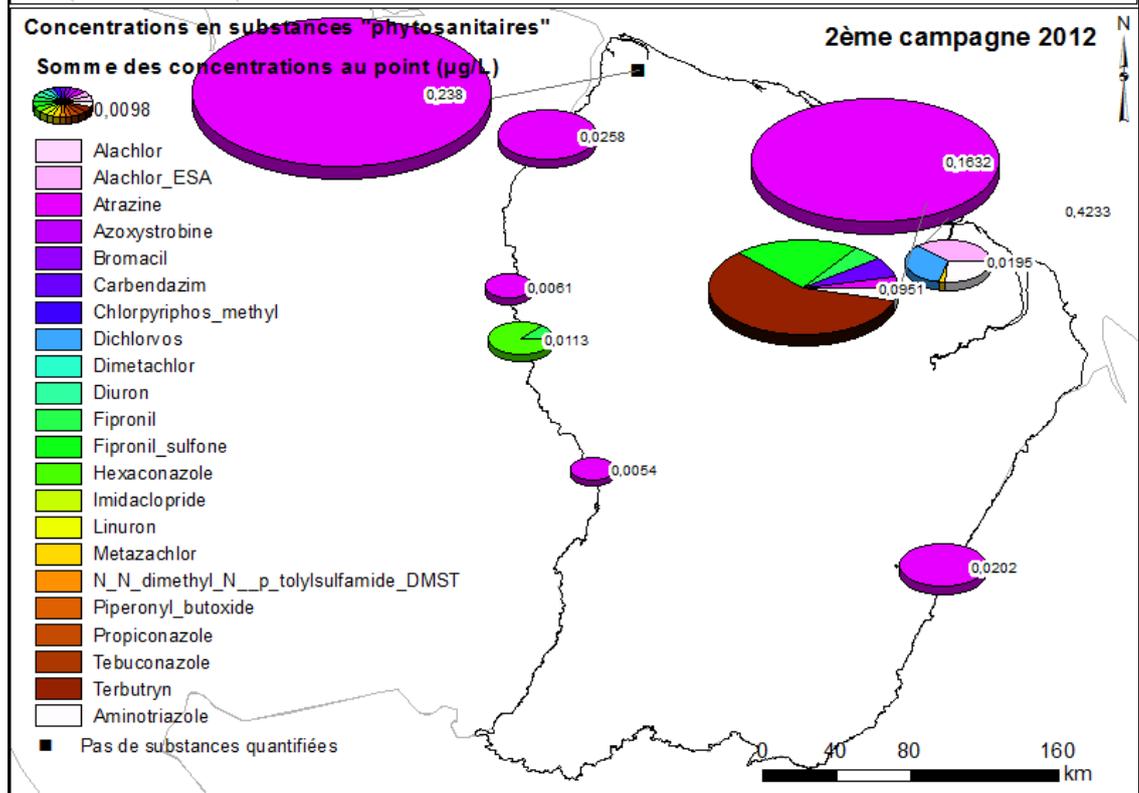
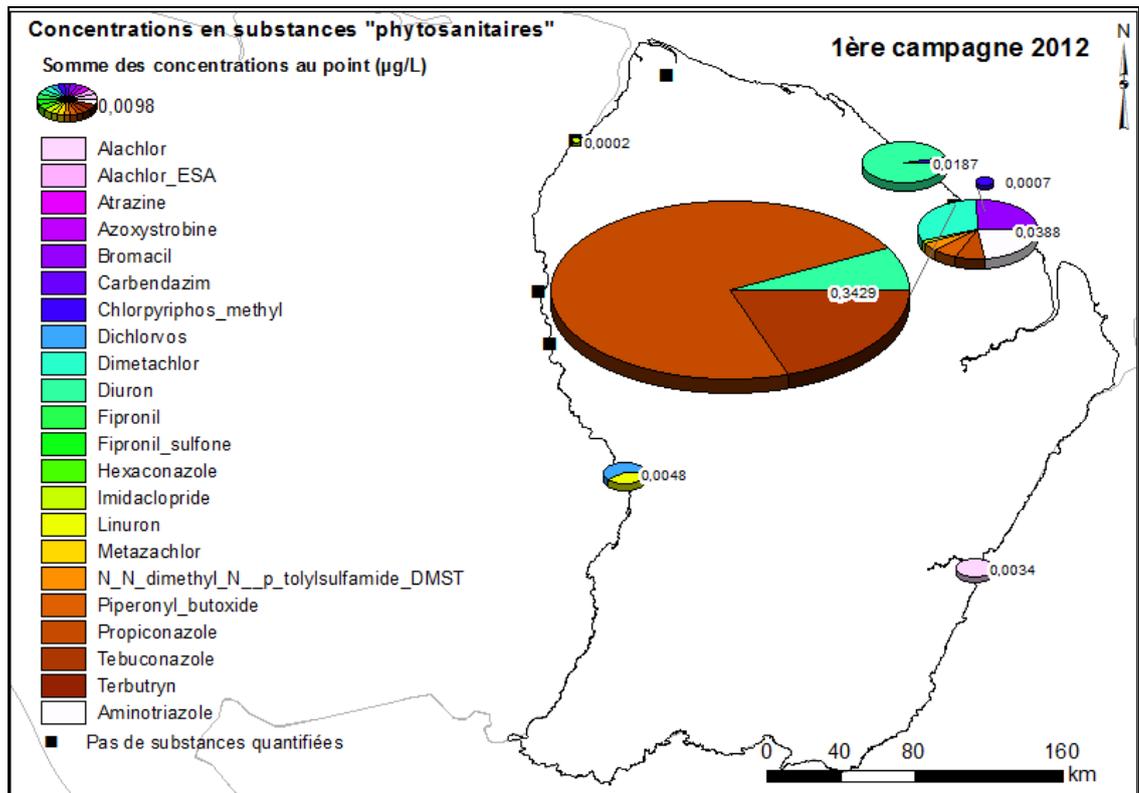


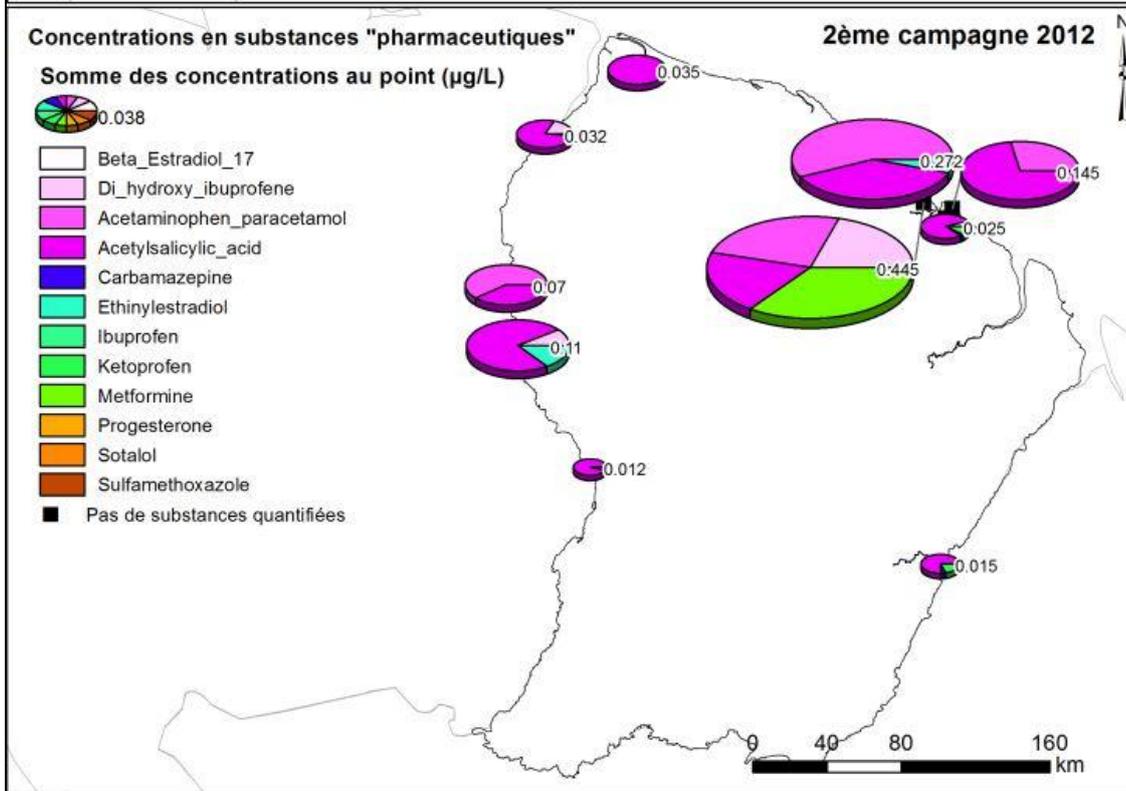
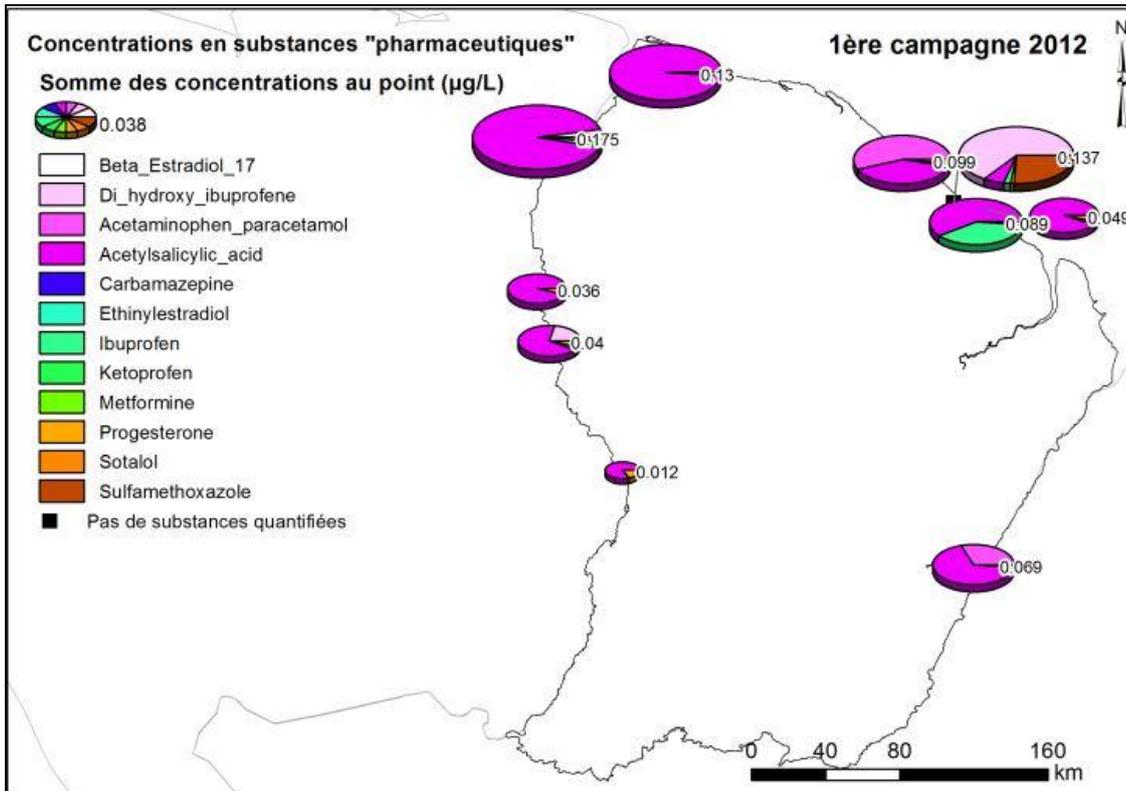


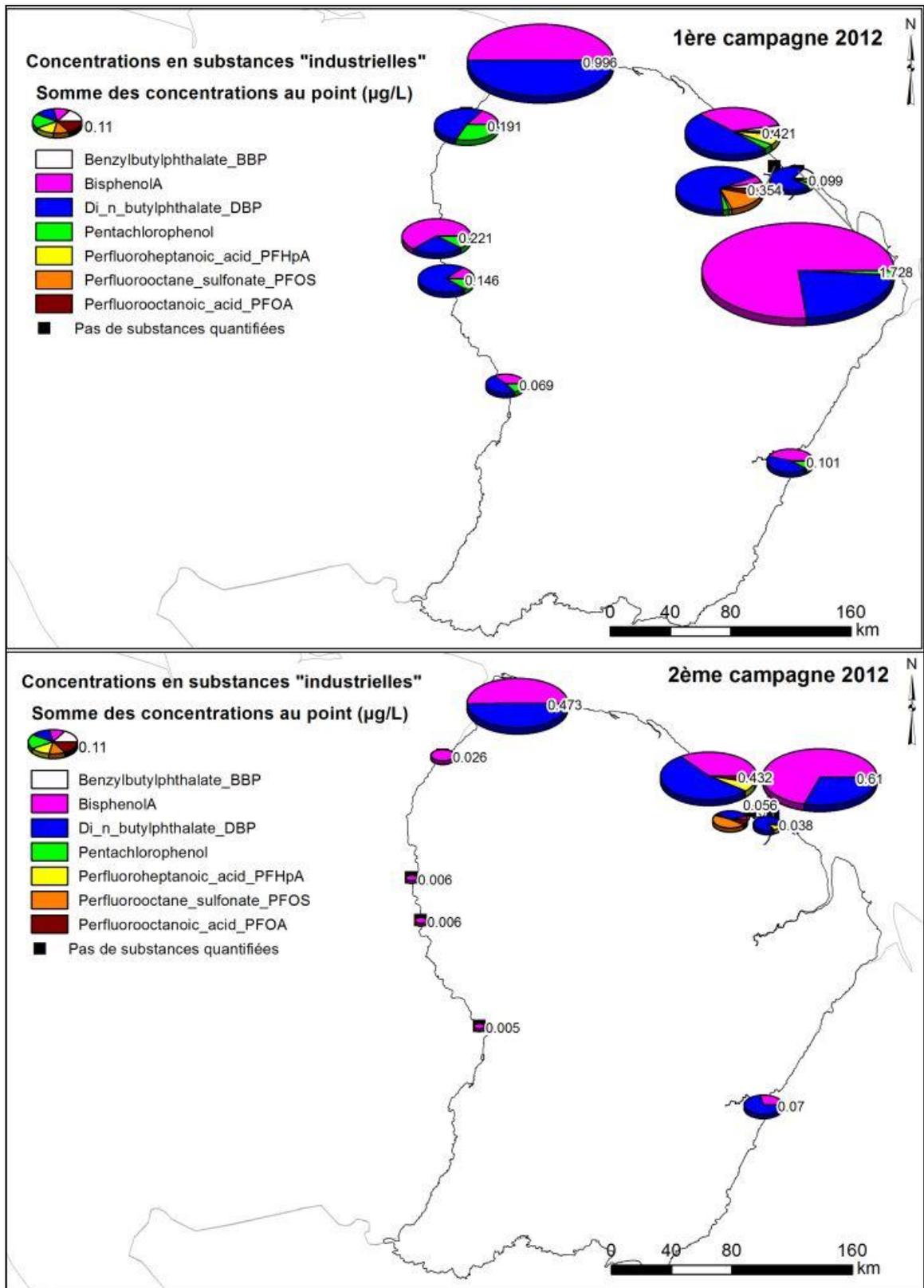


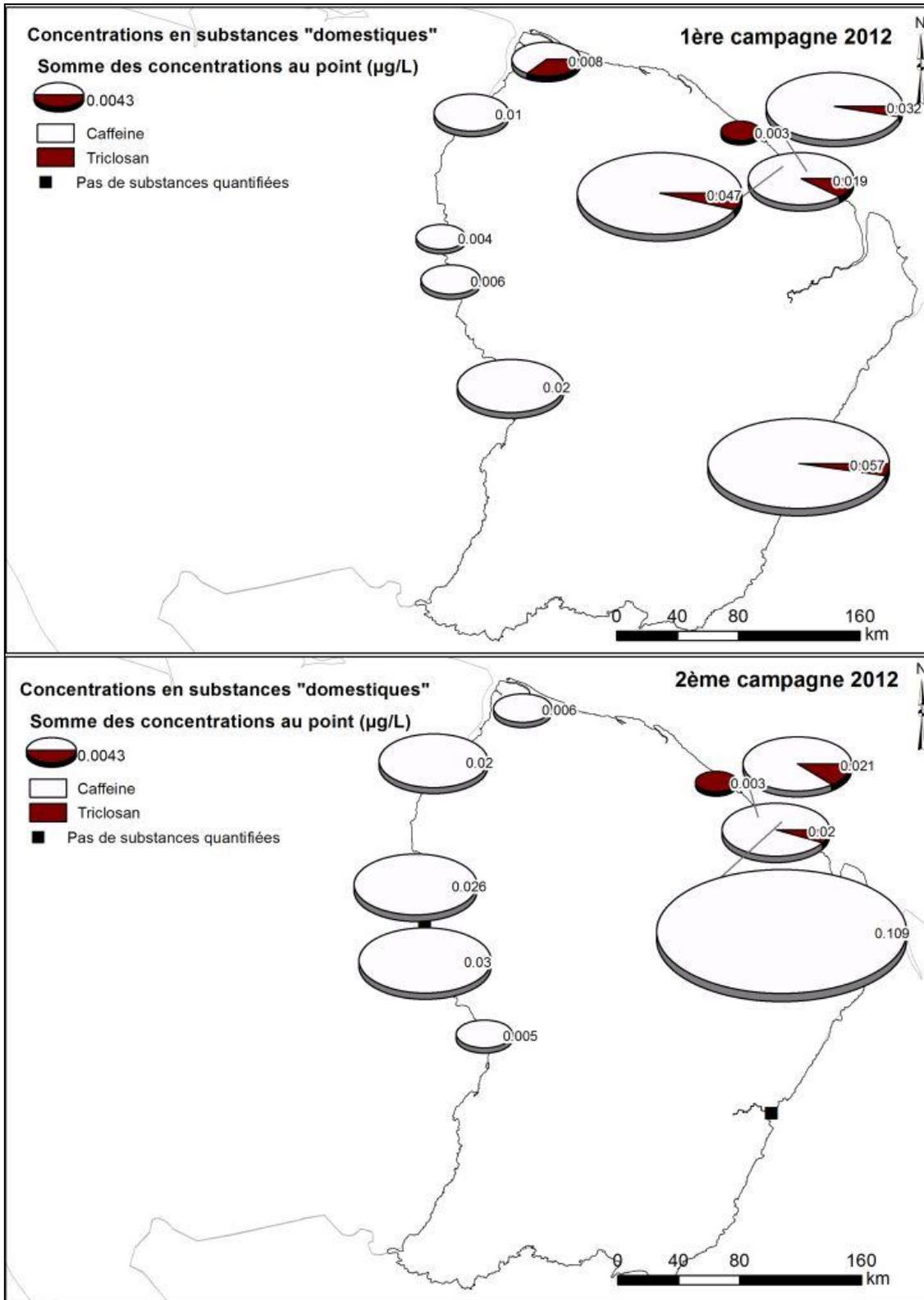


GUYANE

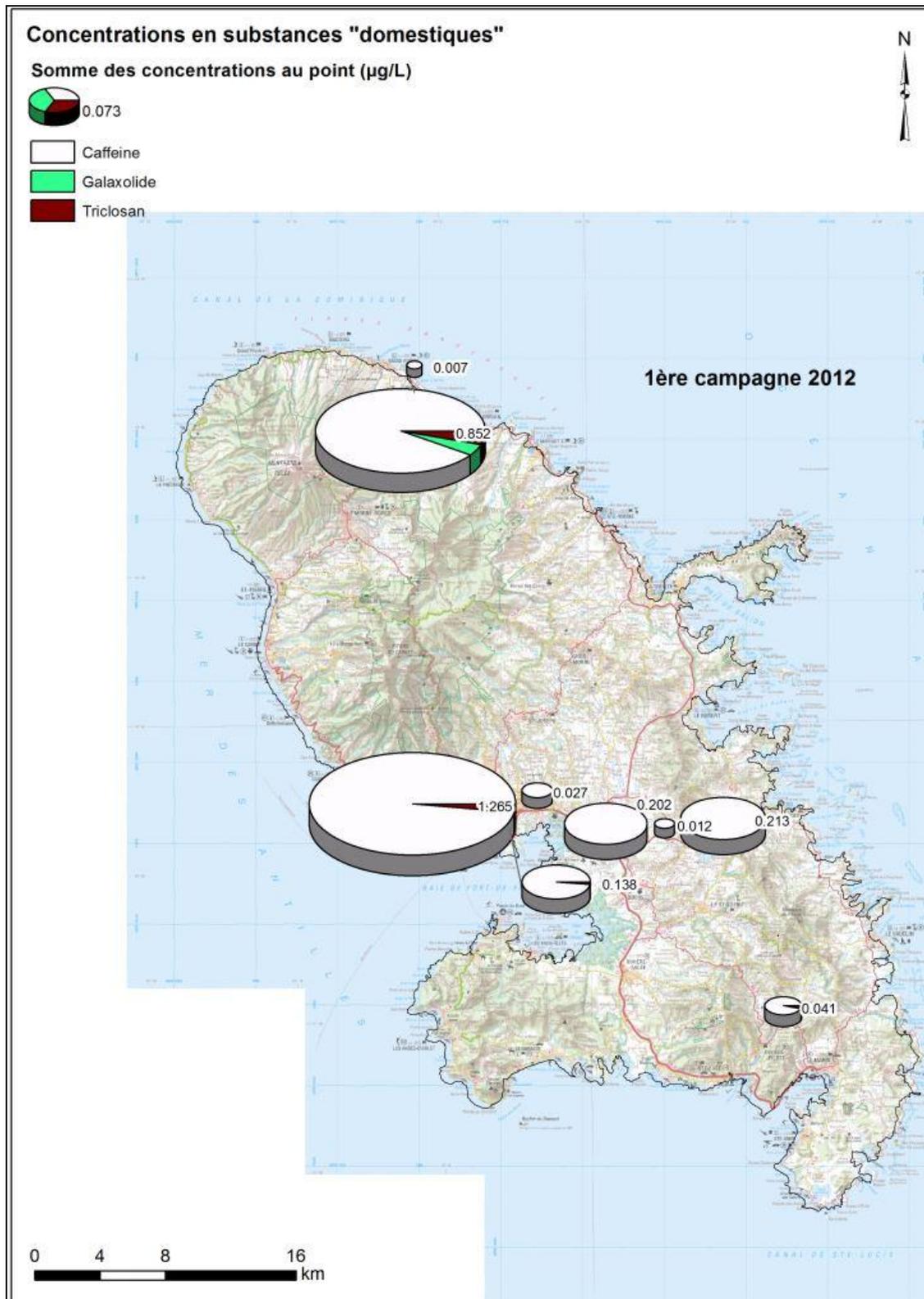


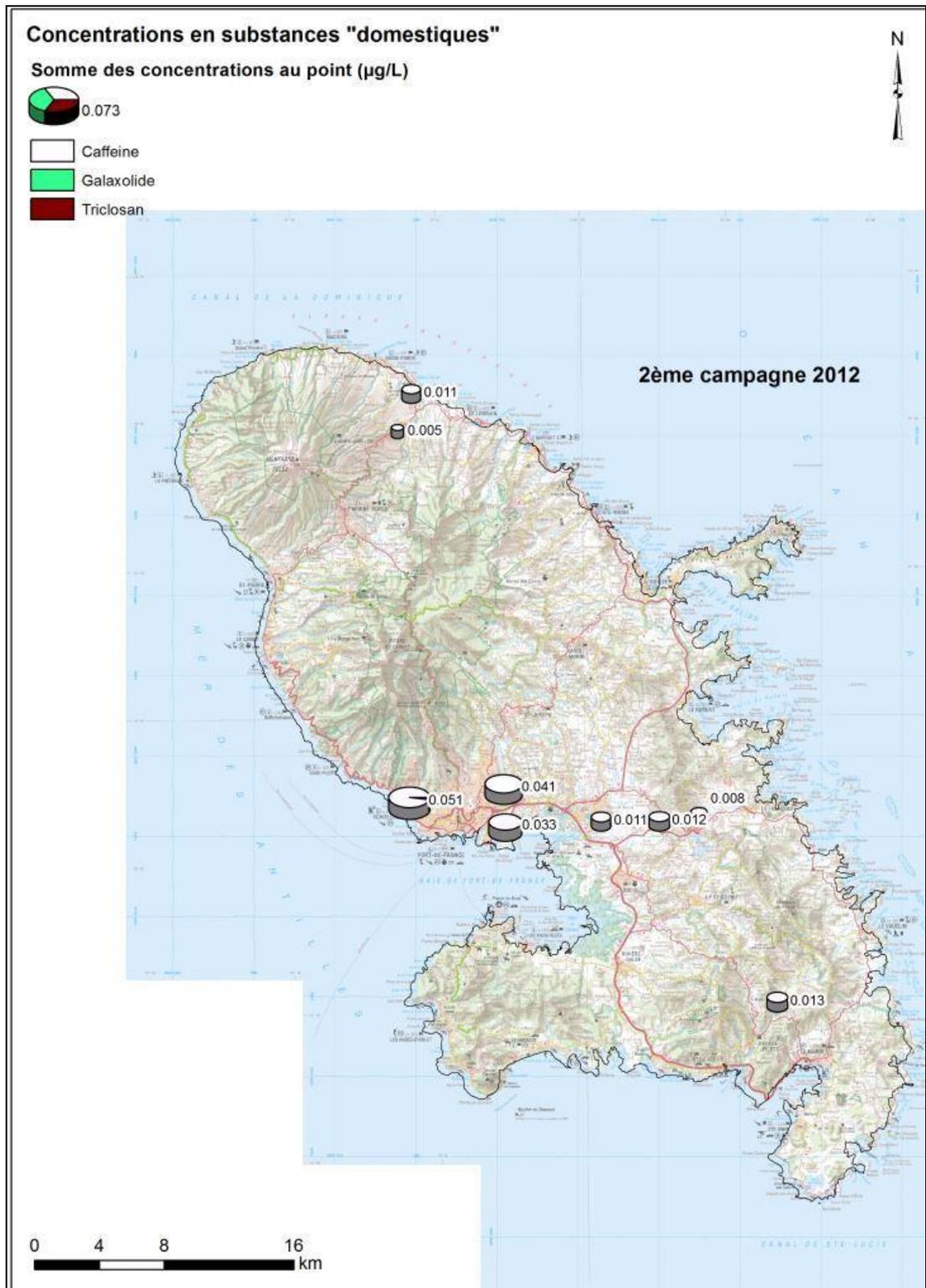


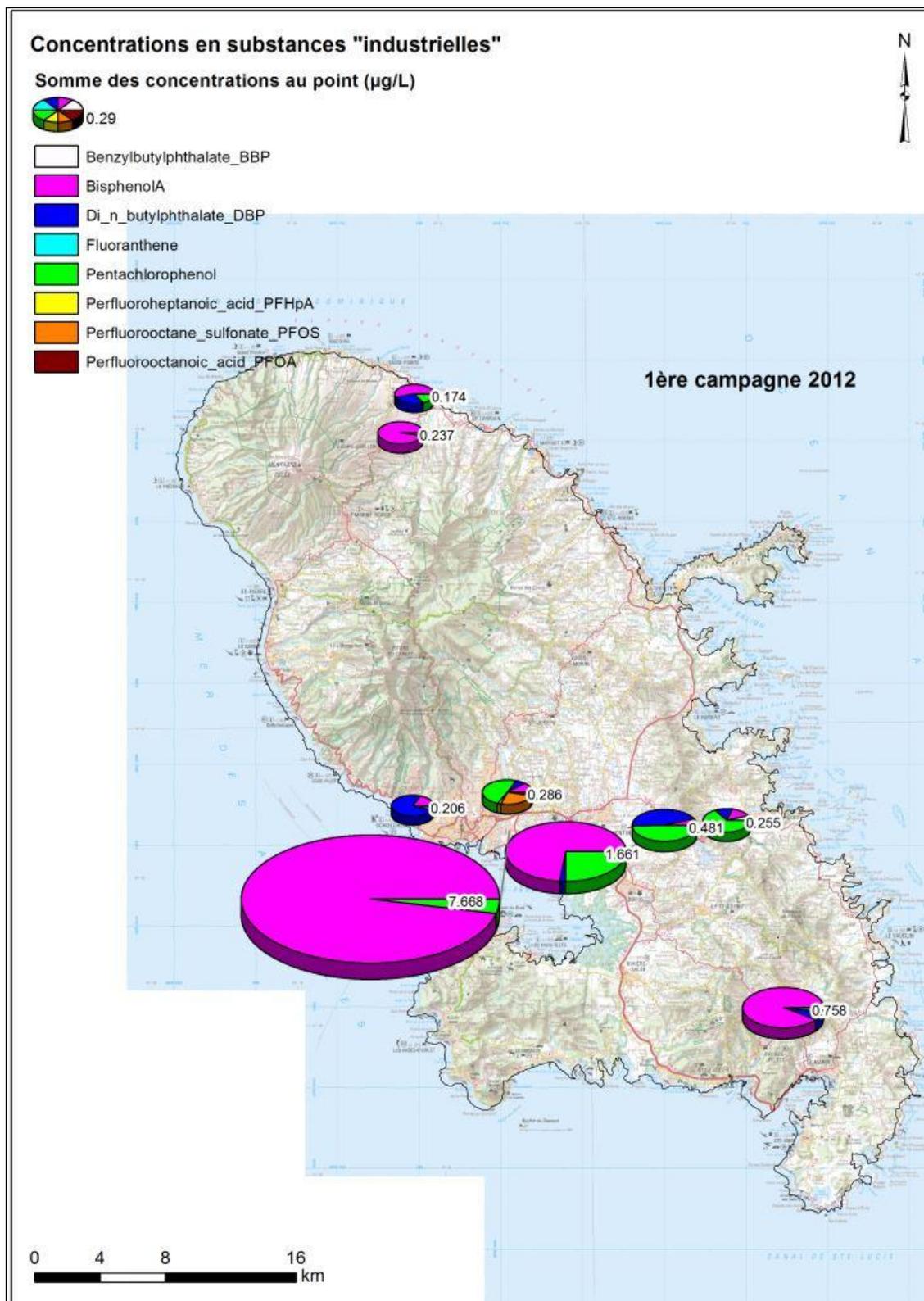


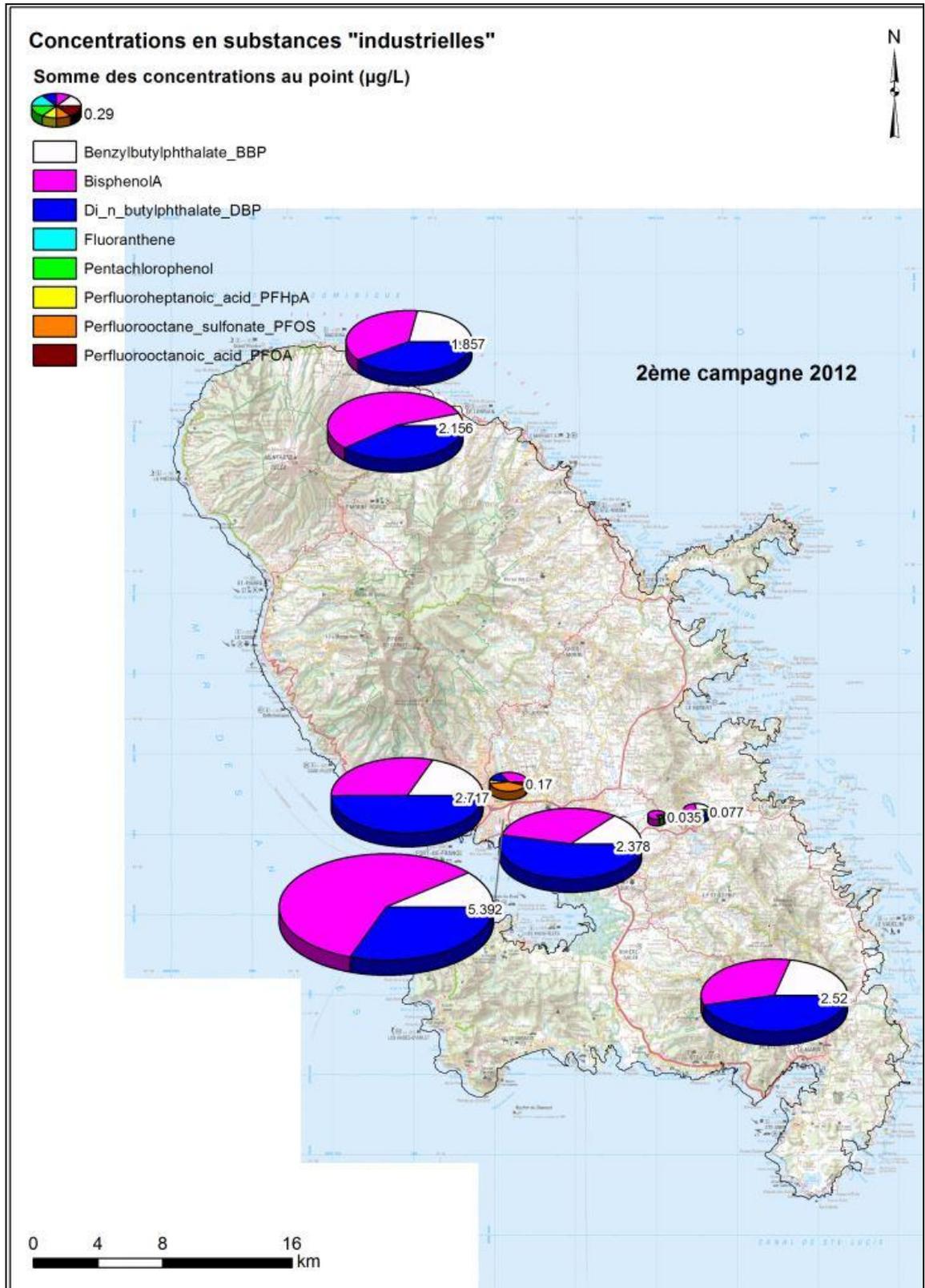


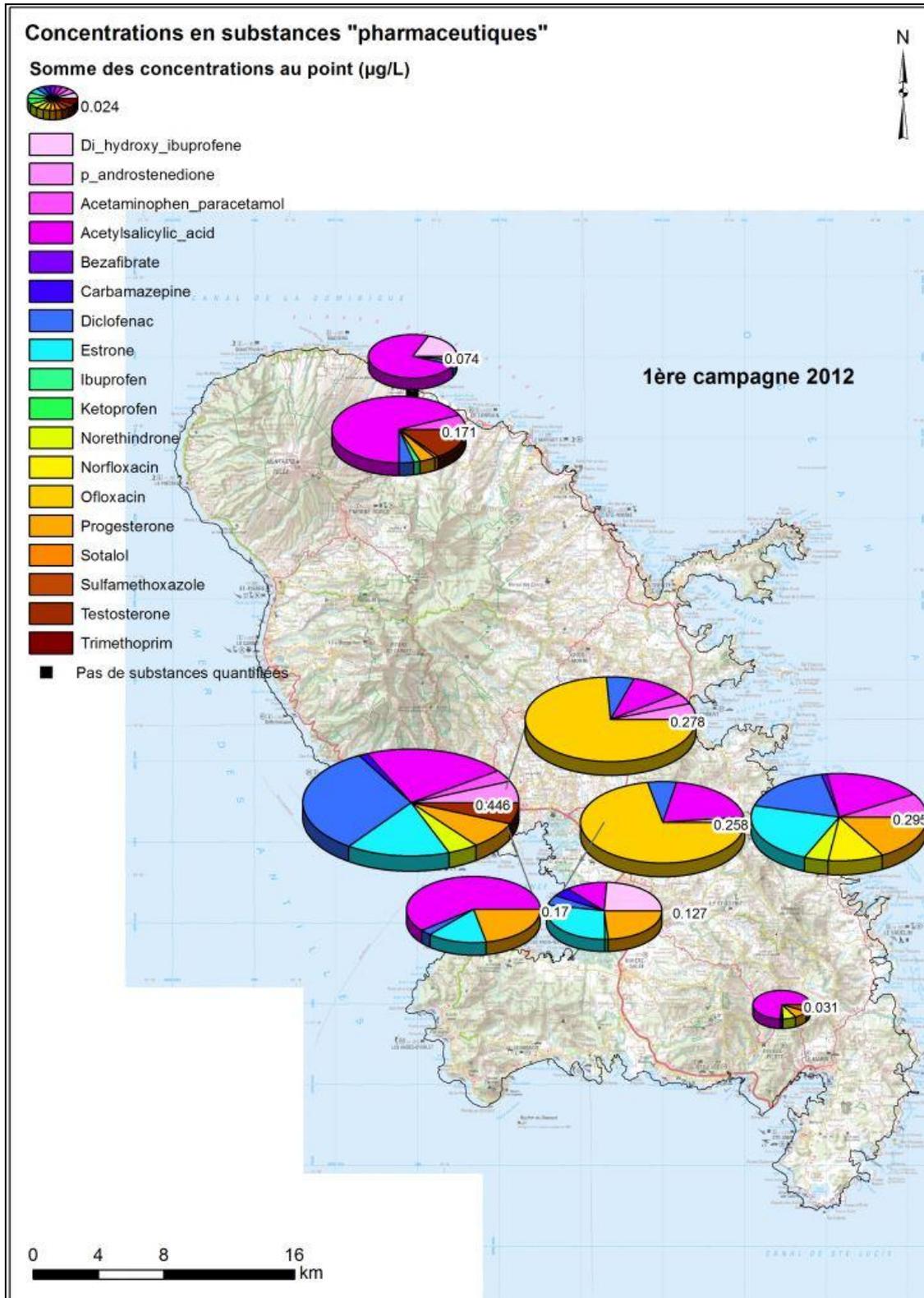
MARTINIQUE

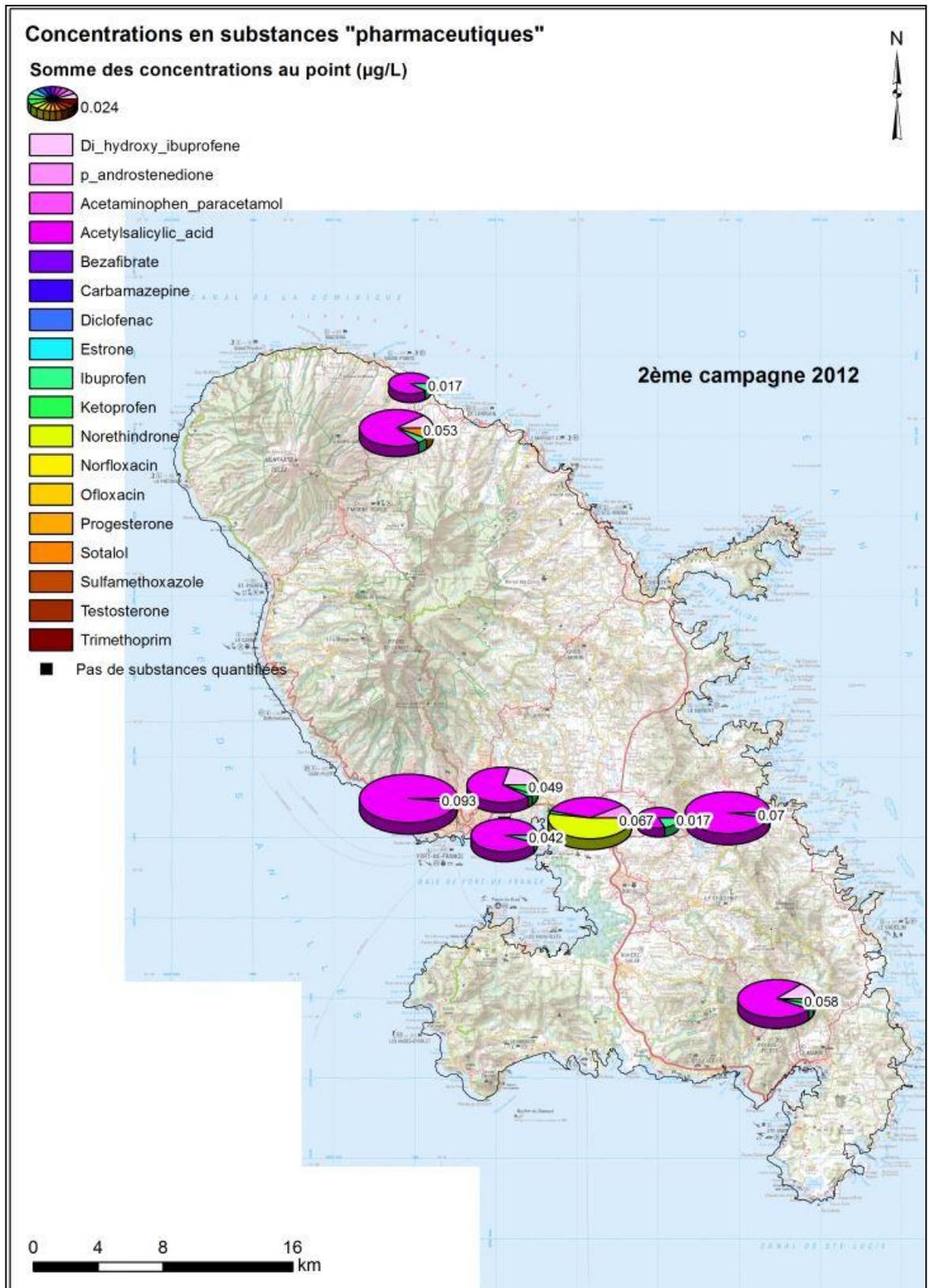


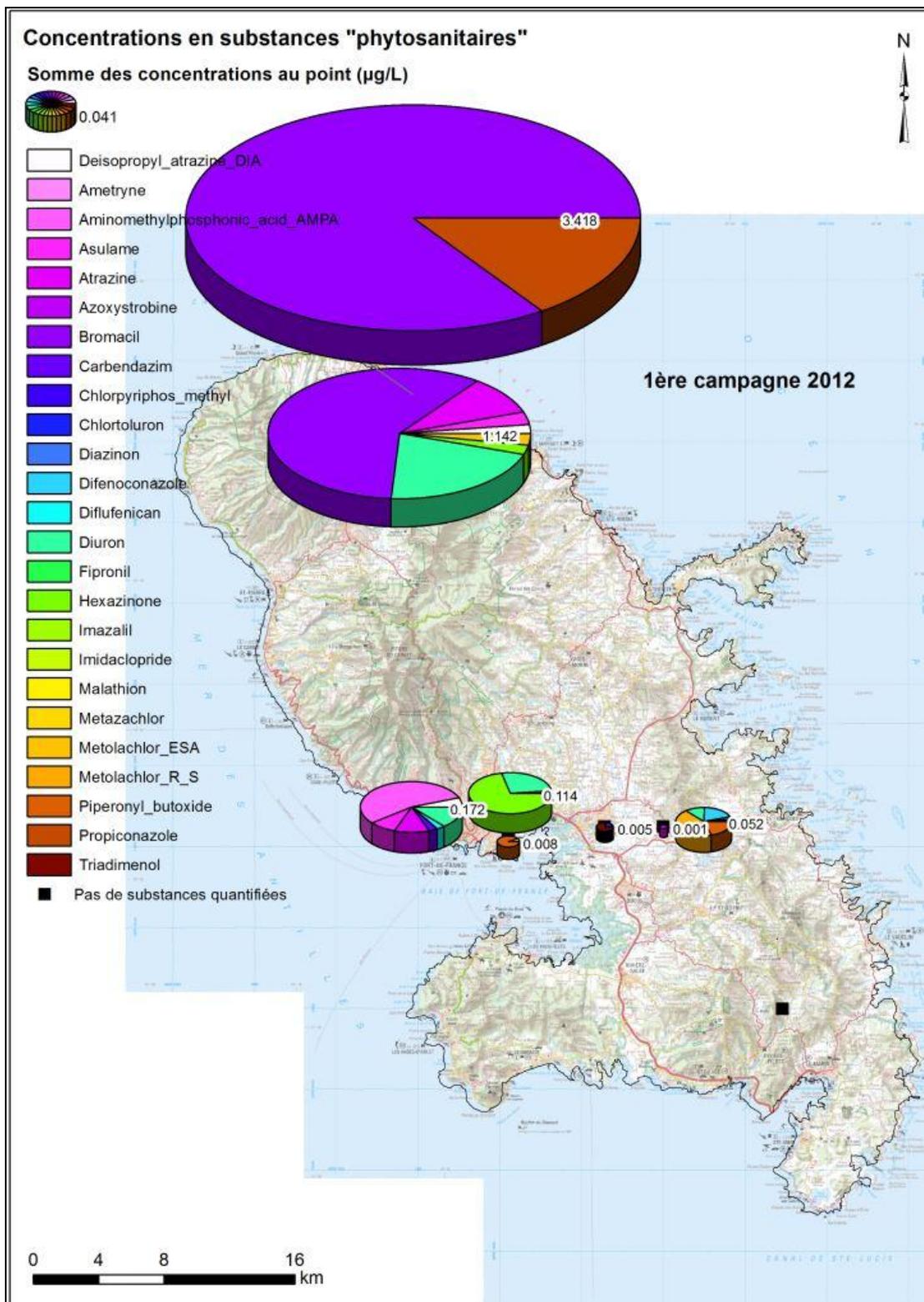


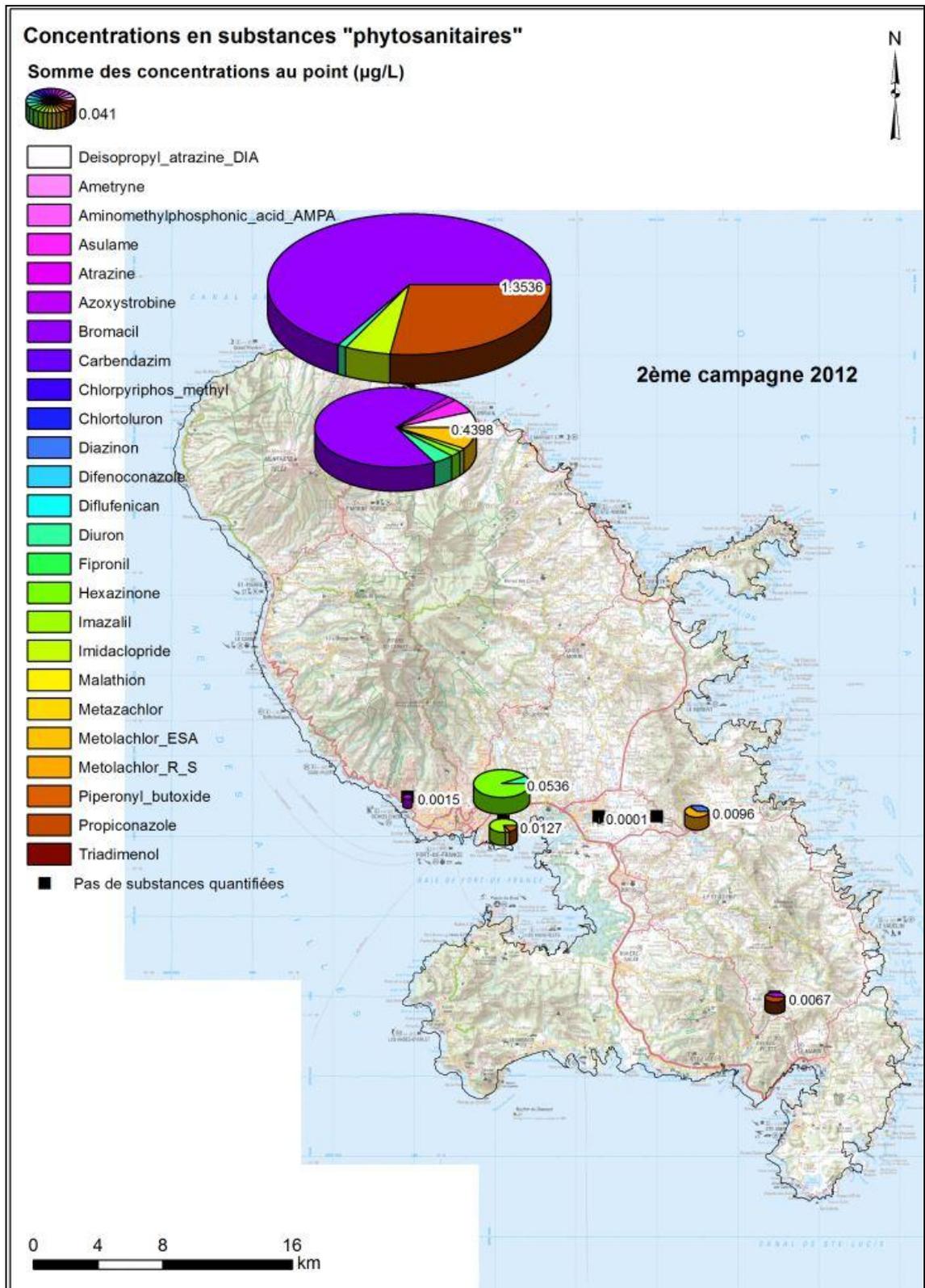




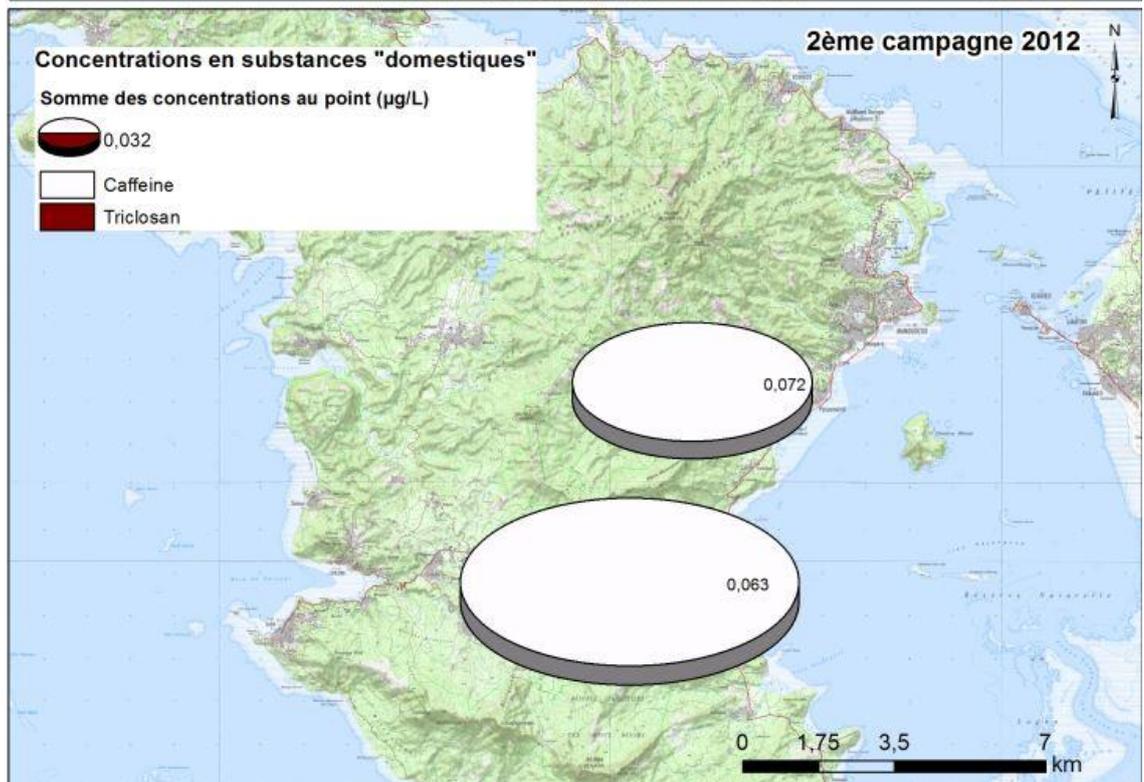
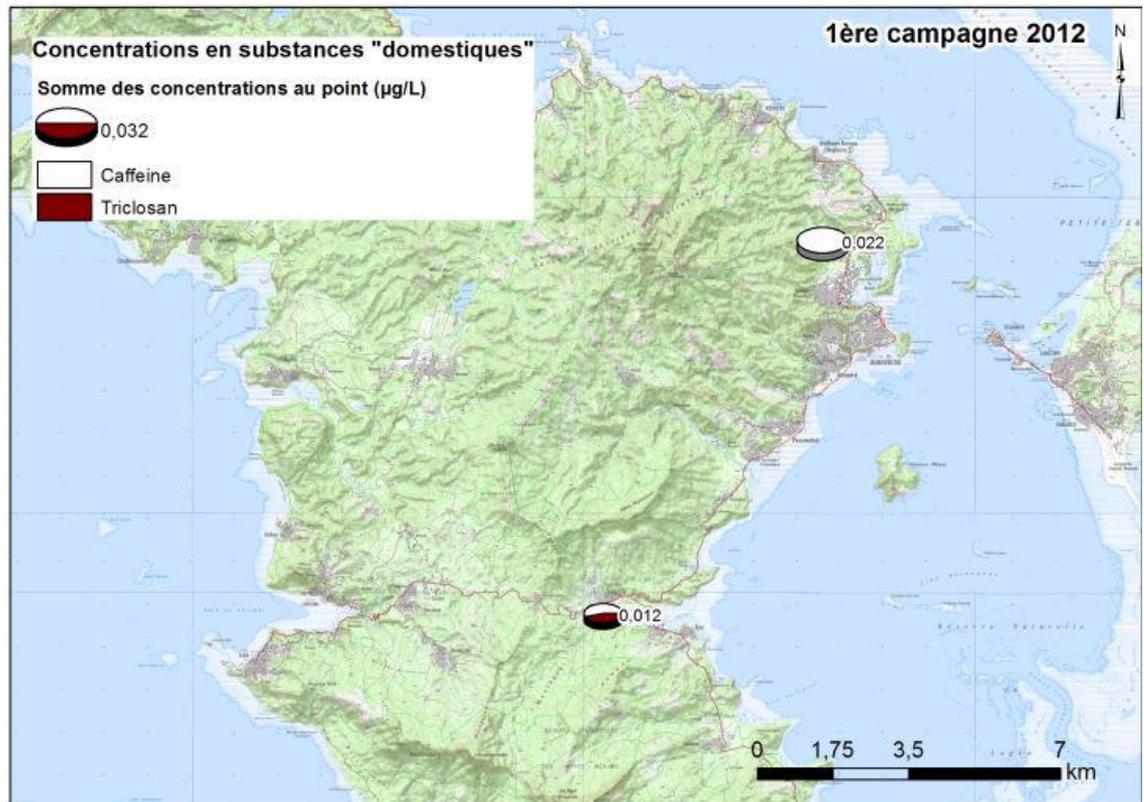


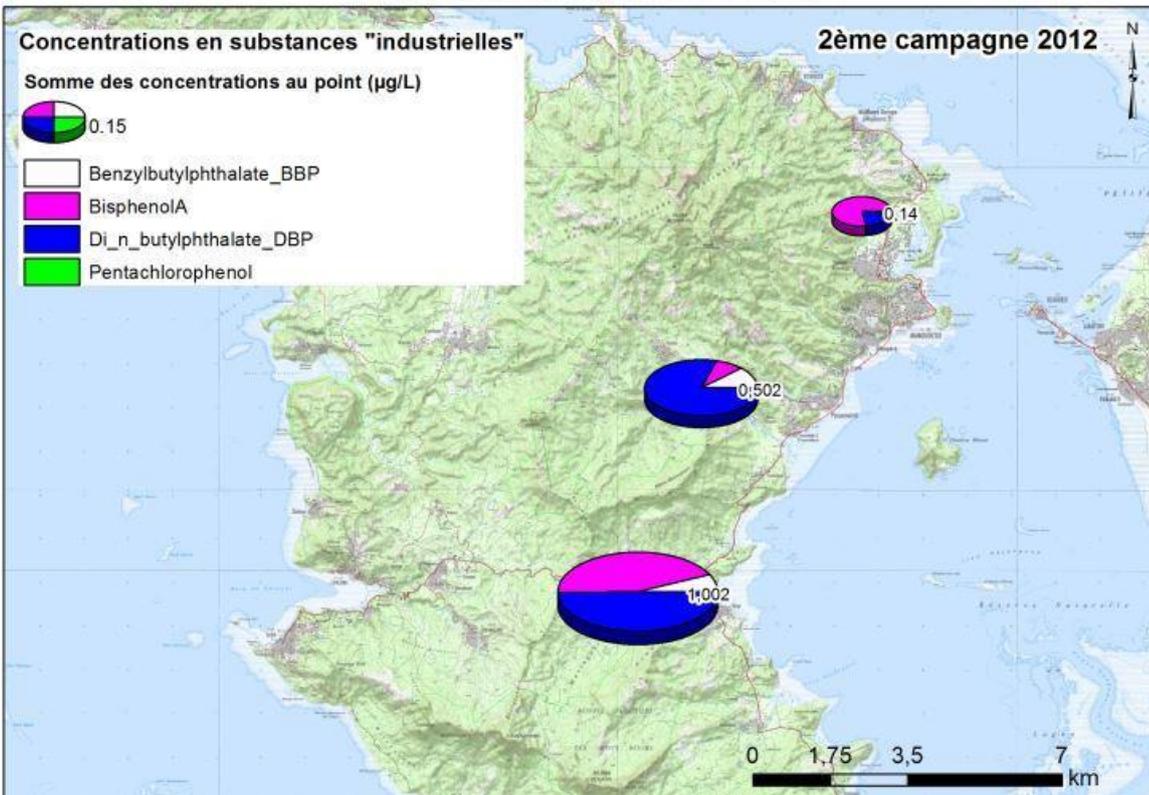
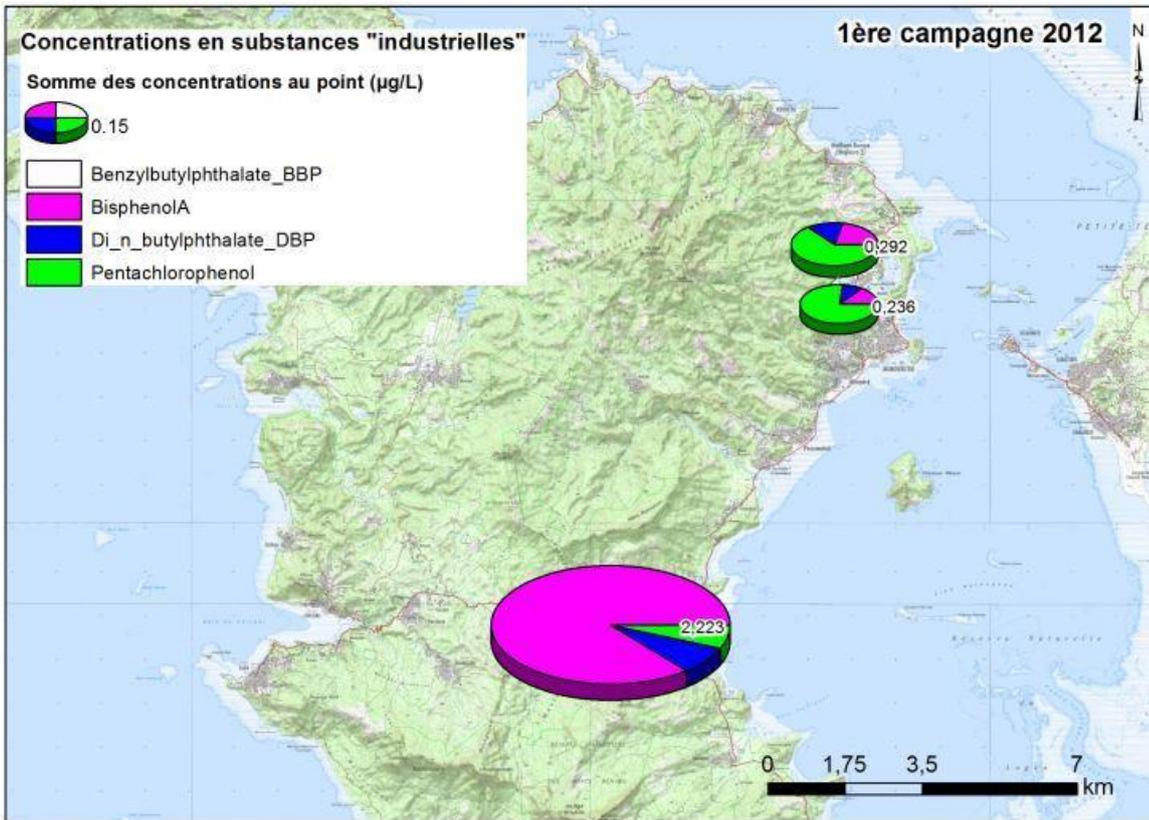


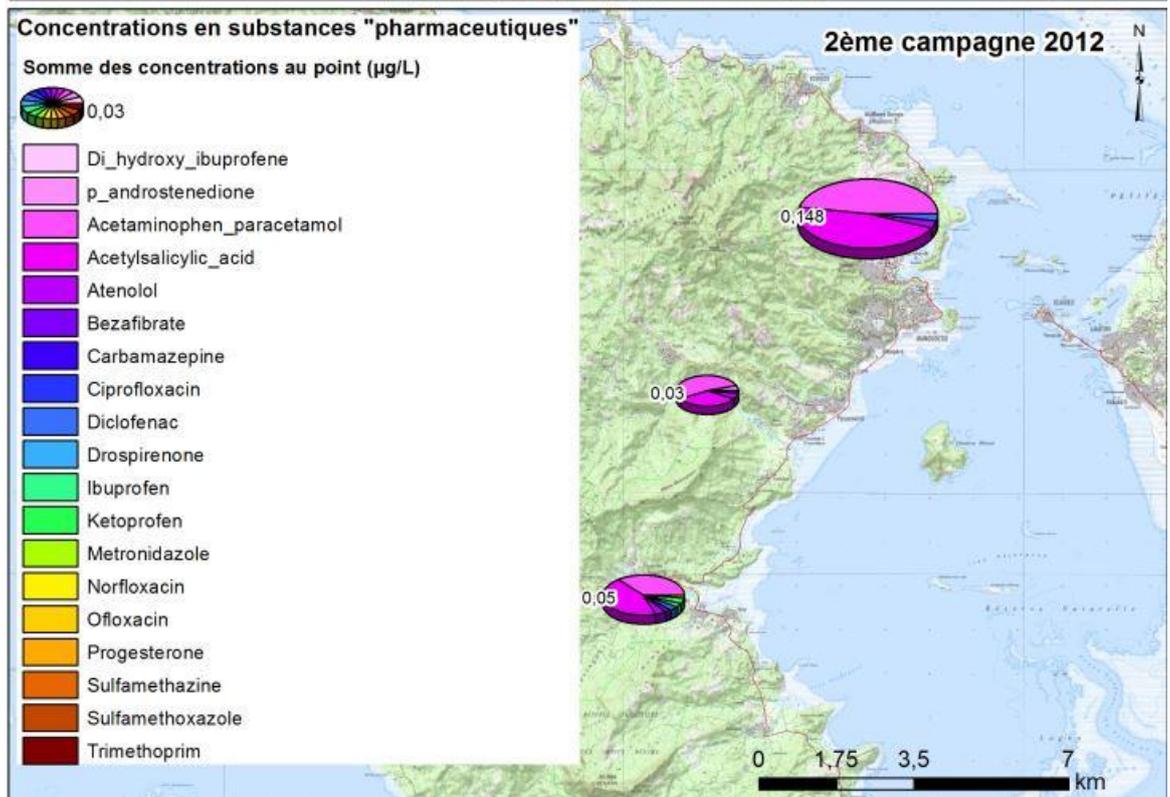
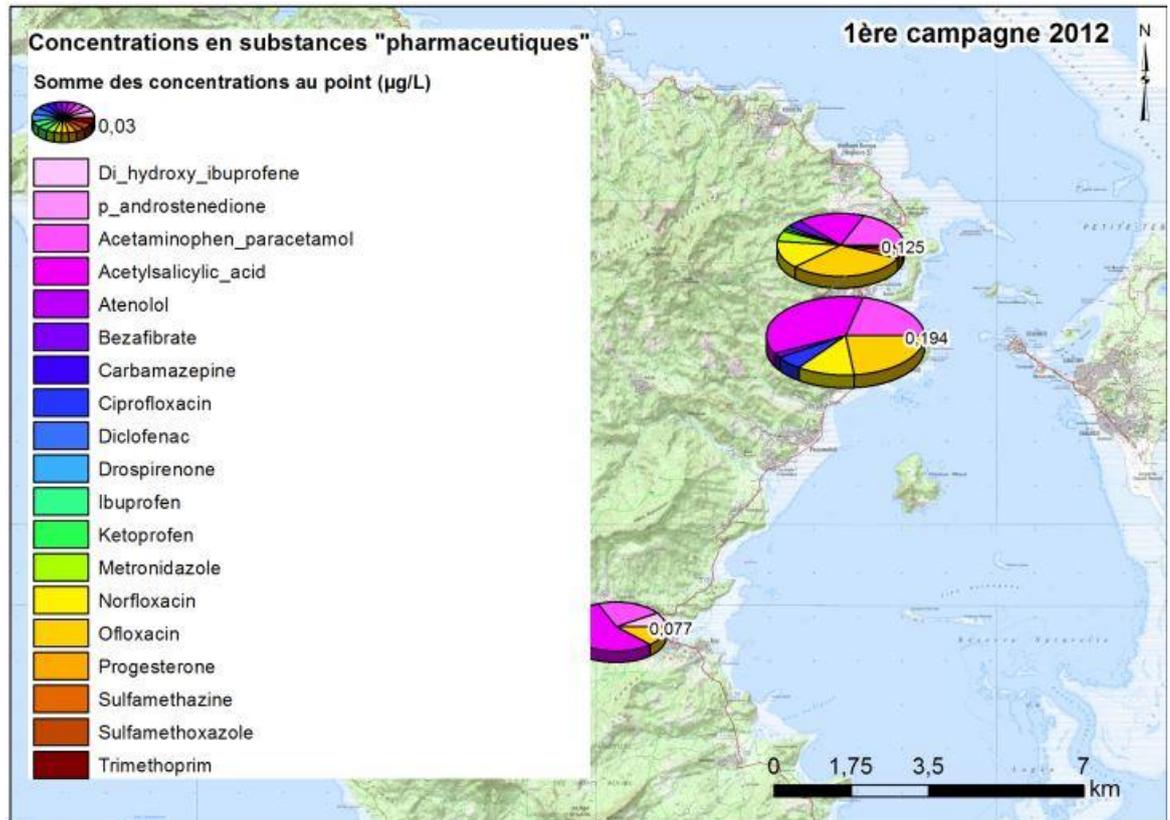


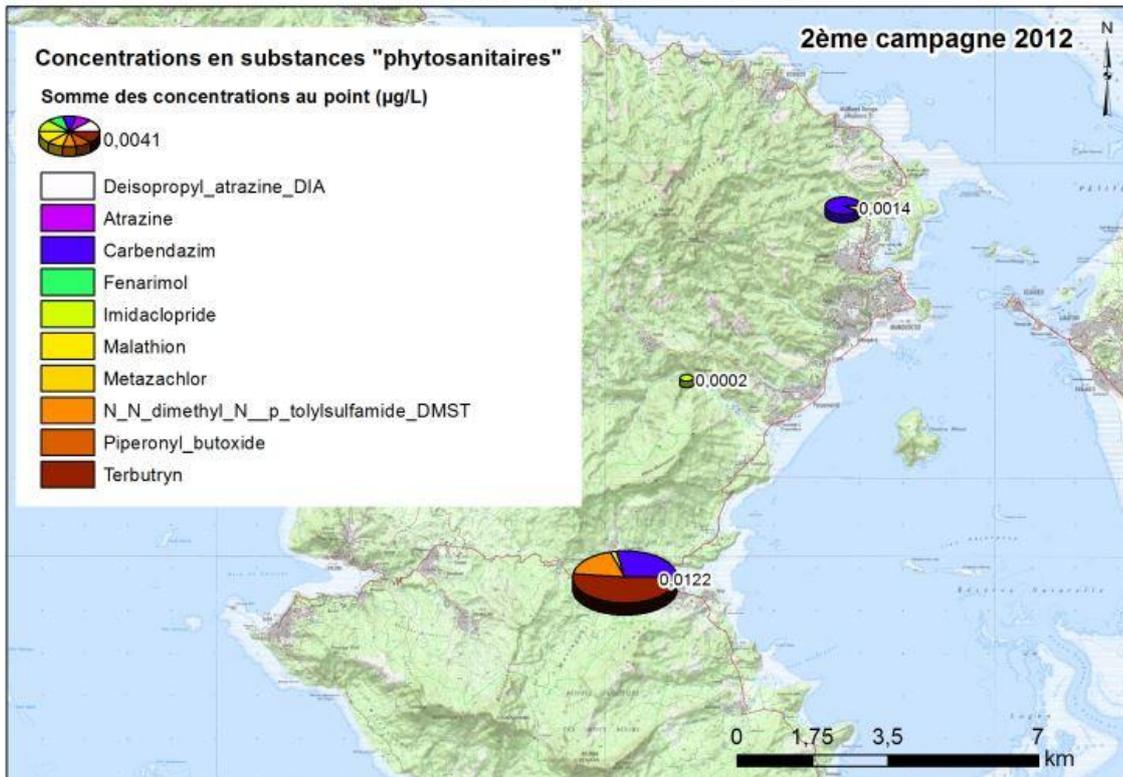
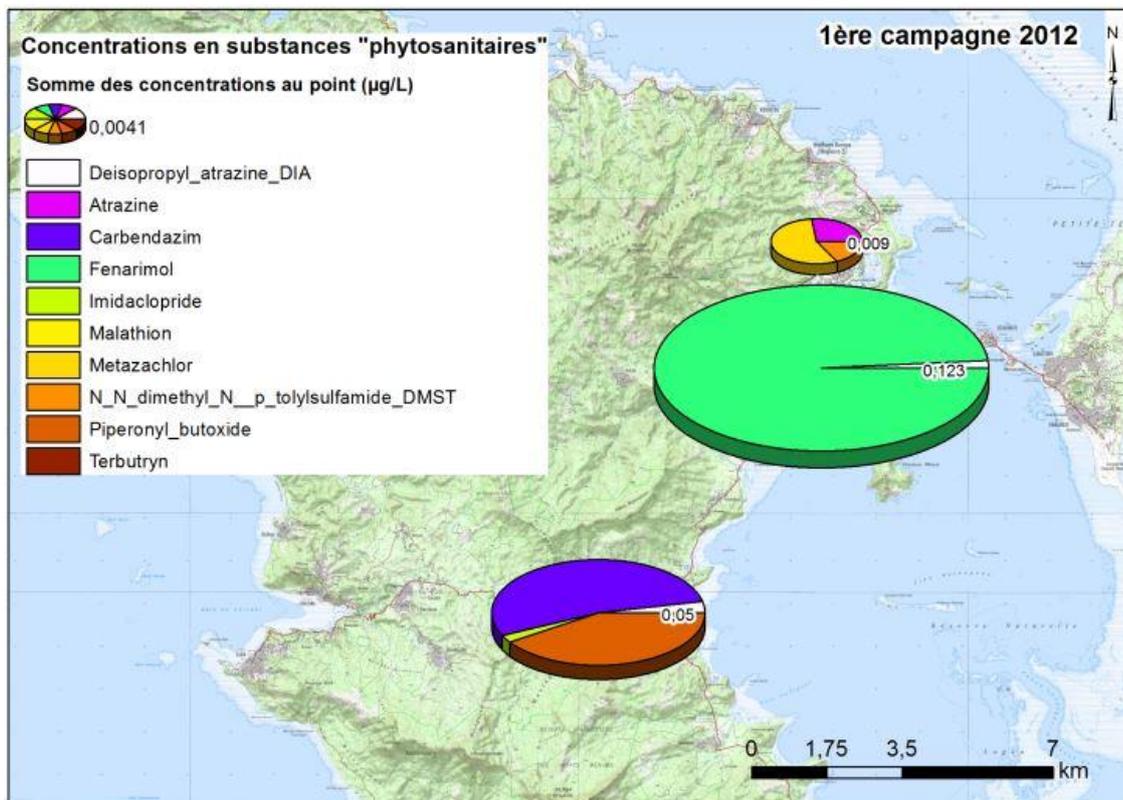


MAYOTTE

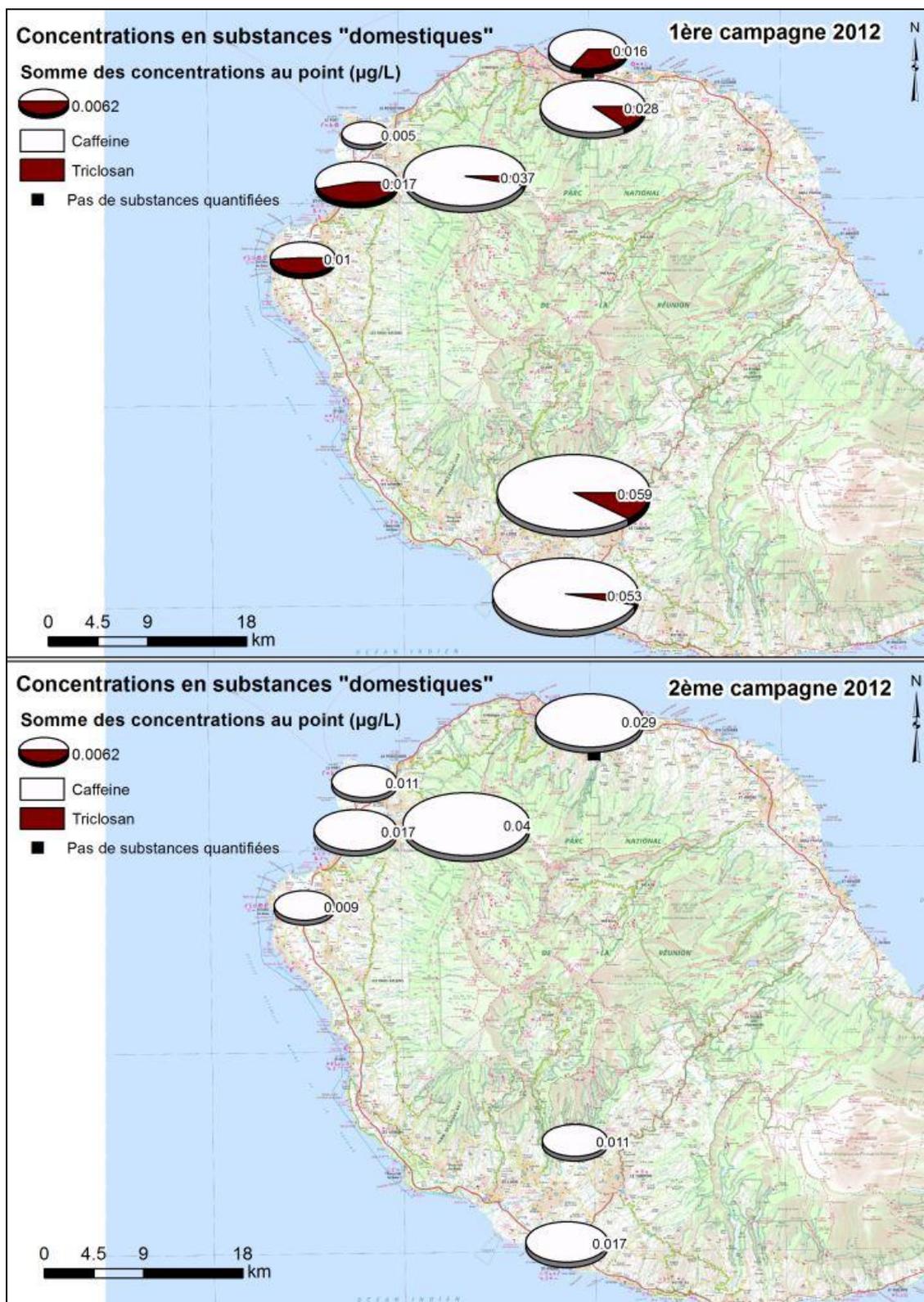


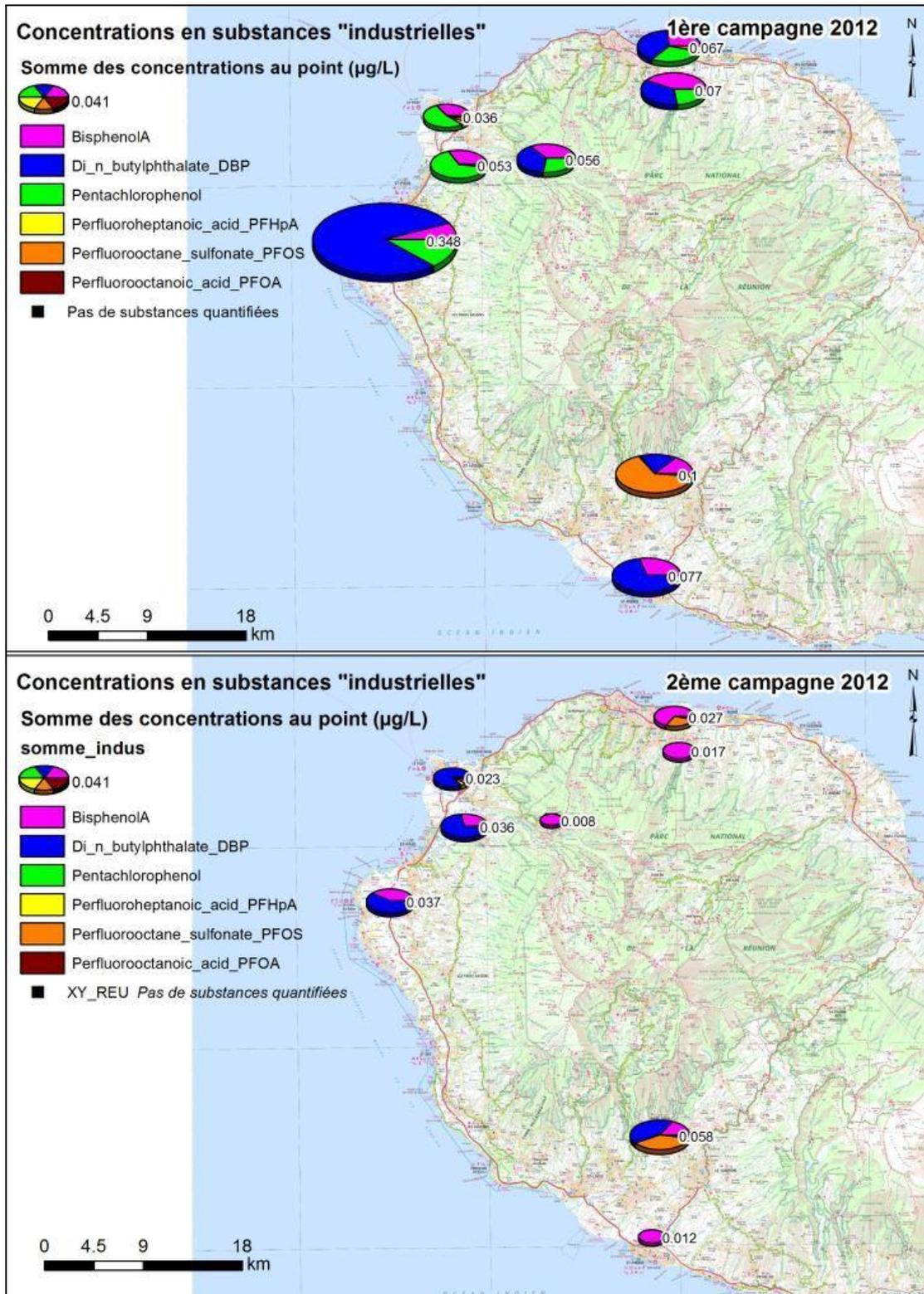


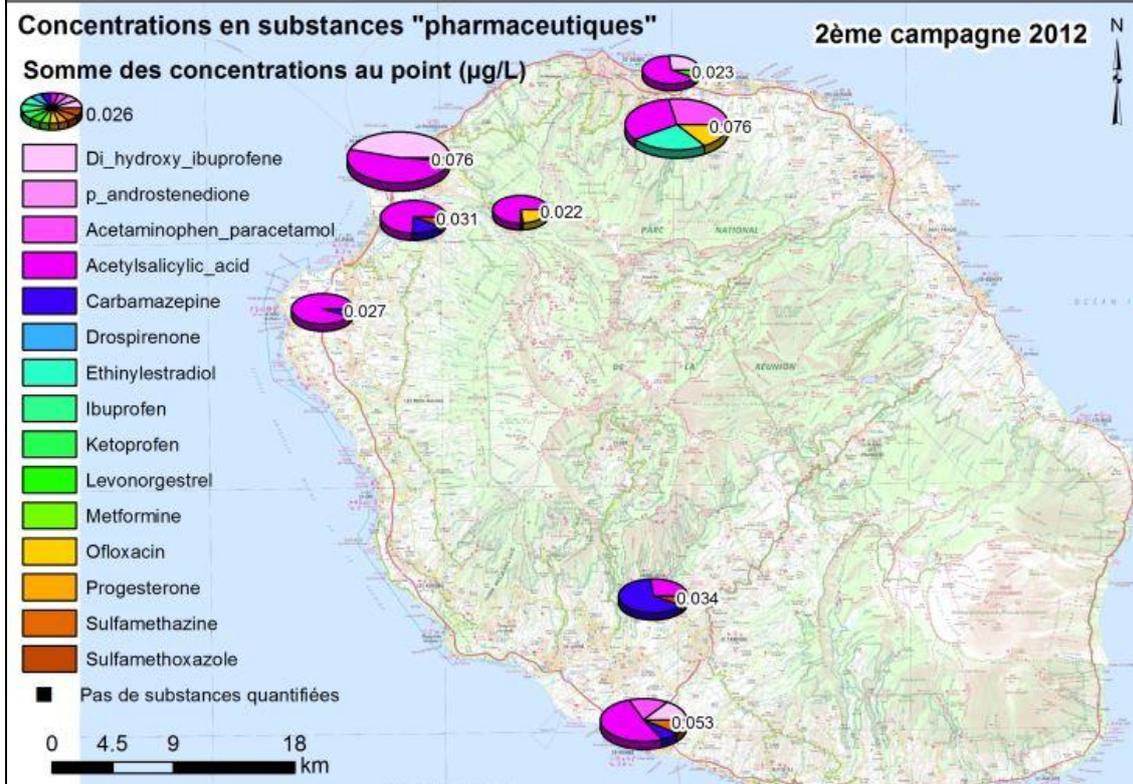
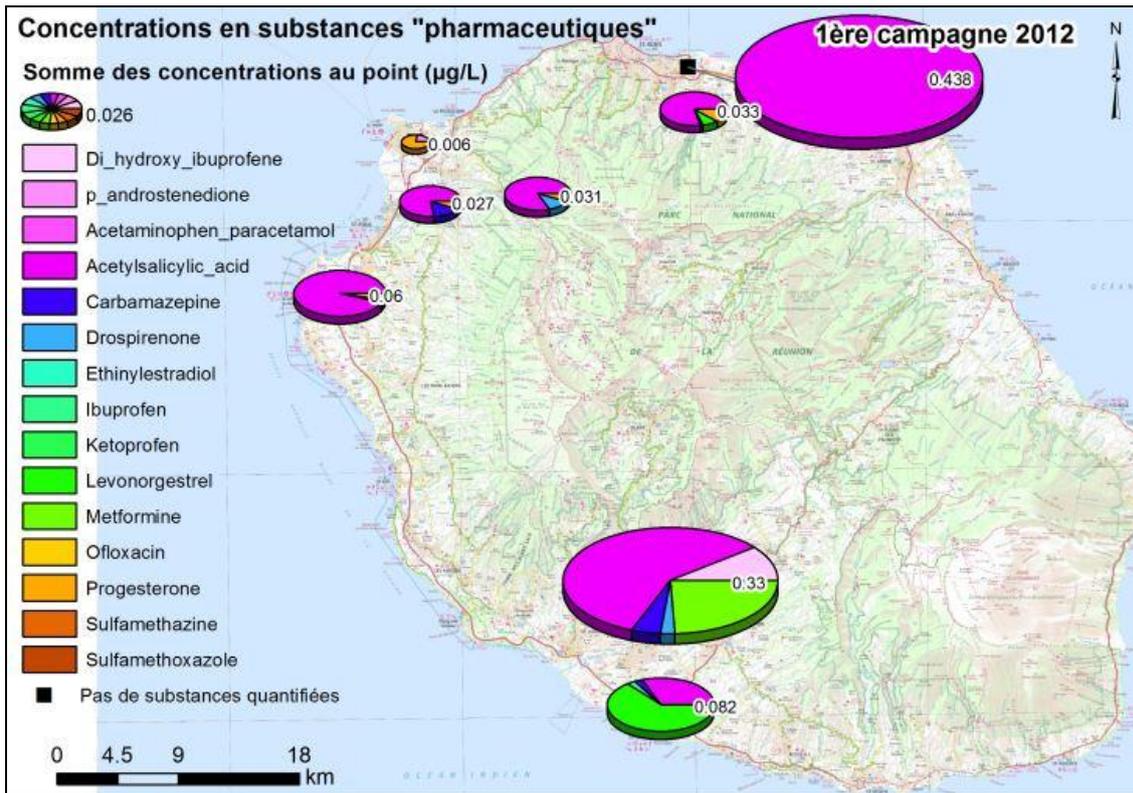


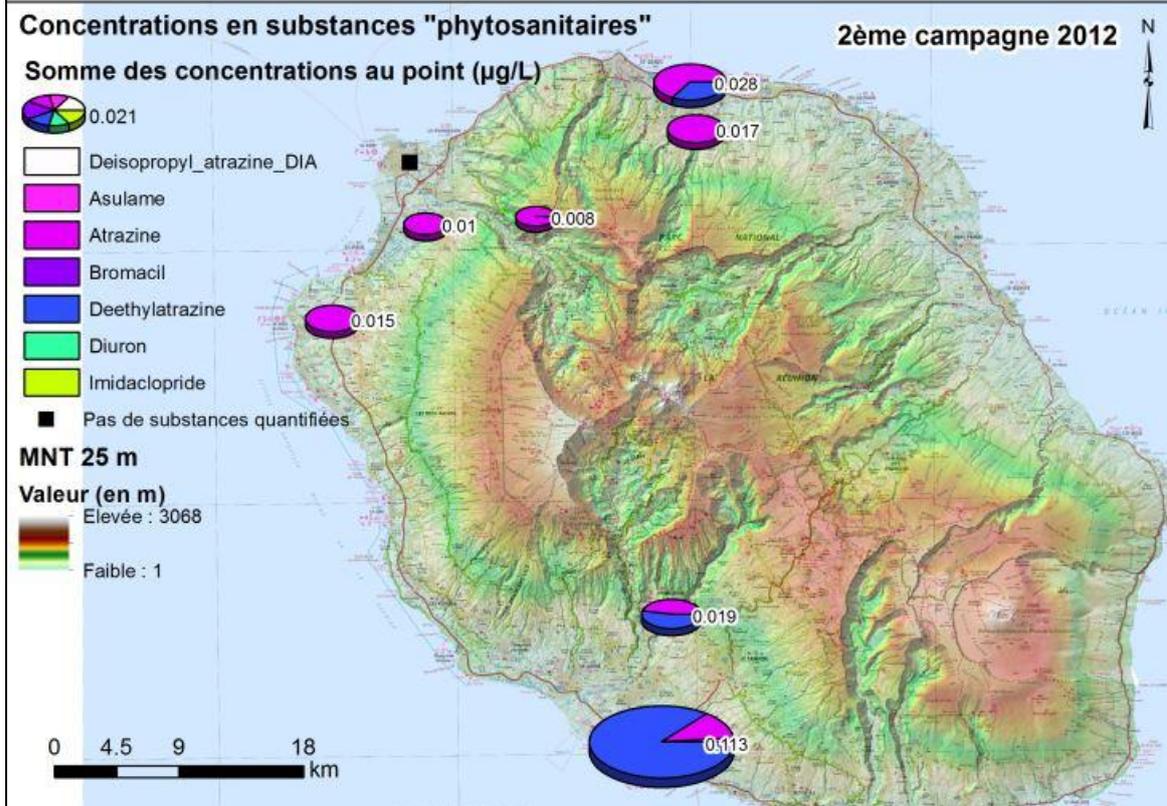
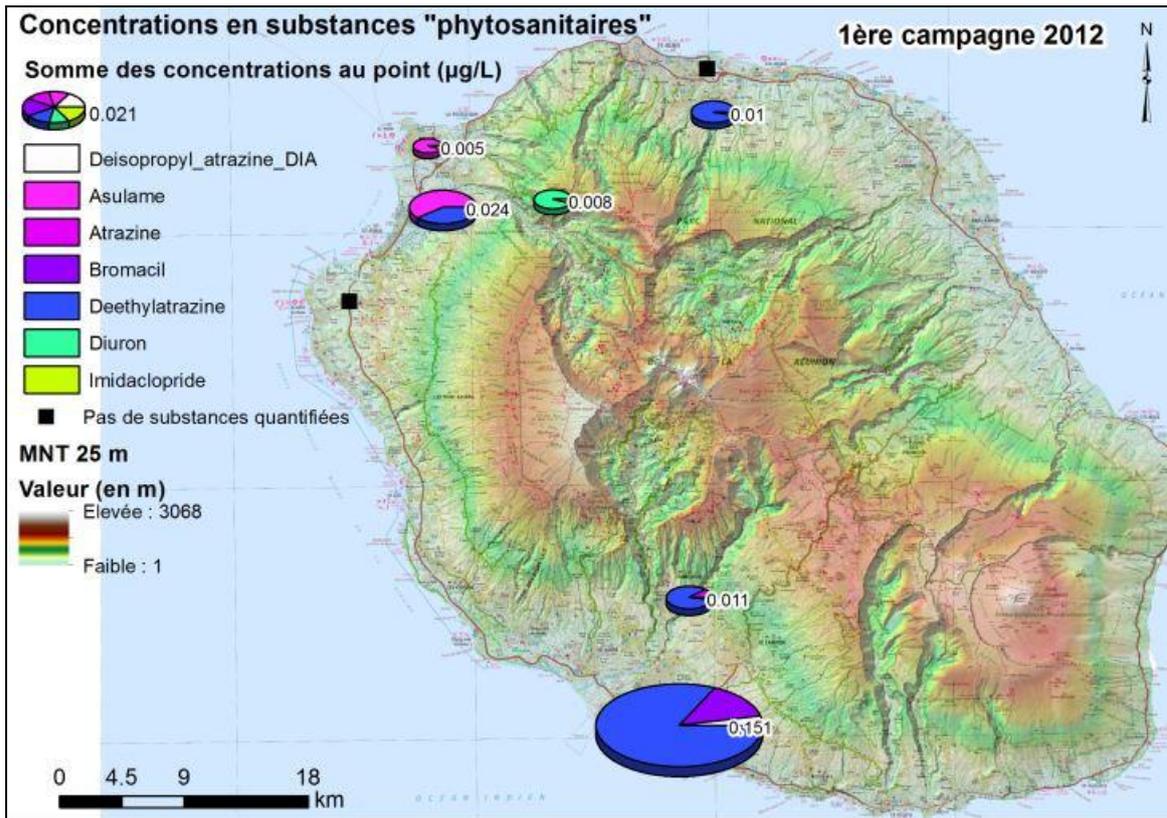


REUNION









Annexe 3

Liste des points DOM en eaux souterraines échantillonnés lors de l'étude prospective 2012

Code BSS	Code du point	DOM	X	Y	Système de projection	Commune	Lieu_dit	Pression	Date de prélèvement C1	Date de prélèvement C2	MESO	Type réservoir aquifère	Usage de l'eau	Nature du point d'eau	Prof. (m)
1141ZZ0019	PtGua01	Guadeloupe	675218	1804697	WGS_1984_UTM_Zone_20N	Le Moule	Duchassaing	Agricole	23/04/2012	15/10/2012	FRIG001	Sédimentaire/Carbonaté	AEP	Forage	25
1147ZZ1589	PtGua02	Guadeloupe	654780	1795600	WGS_1984_UTM_Zone_20N	Baie-Malhault	Centrale thermique EDF	Industrielle	24/04/2012	15/10/2012	FRIG006	Volcanique	Pas d'usage	Piézomètre	19,35
1158ZZ0125	PtGua03	Guadeloupe	641942	1768412	WGS_1984_UTM_Zone_20N	Gourbeyre	Belle-Terre	Agricole	19/04/2012	08/10/2012	FRIG003	Volcanique	AEP	Source	
1142ZZ0030	PtGua04	Guadeloupe	677928	1804627	WGS_1984_UTM_Zone_20N	Le Moule	Audoin	Industrielle	23/04/2012	16/10/2012	FRIG001	Sédimentaire/Carbonaté	Pas d'usage	Forage	4,1
1137ZZ0027	PtGua05	Guadeloupe	637160	1804860	WGS_1984_UTM_Zone_20N	Sainte-Rose	CSDU Sainte-Rose	Urbaine	19/04/2012	08/10/2012	FRIG006	Volcanique	Pas d'usage	Piézomètre	51,7
1140ZZ0011	PtGua06	Guadeloupe	666038	1805477	WGS_1984_UTM_Zone_20N	Morne à l'Eau	Jabrun	Urbaine	23/04/2012	15/10/2012	FRIG001	Sédimentaire/Carbonaté	AEP	Puits	10,3
1160ZZ0011	PtGua07	Guadeloupe	681888	1762577	WGS_1984_UTM_Zone_20N	Saint-Louis	Source 2	Agricole	18/04/2012	09/10/2012	FRIG002	Sédimentaire/Carbonaté	AEP	Forage	18,6
1161ZZ0002	PtGua08	Guadeloupe	687658	1762427	WGS_1984_UTM_Zone_20N	Capesterre-de-Marie-Galante	Etang-Noir	Urbaine	19/04/2012	09/10/2012	FRIG002	Sédimentaire/Carbonaté	AEP	Forage	170
1159ZZ0027	PtGua09	Guadeloupe	647085	1769347	WGS_1984_UTM_Zone_20N	Trois-Rivières	La Plaine	Agricole	19/04/2012	08/10/2012	FRIG003	Volcanique	AEP	Source	
1135ZZ0069	PtGua10	Guadeloupe	664438	1813897	WGS_1984_UTM_Zone_20N	Petit-Canal	Charropin	Agricole	20/04/2012	16/10/2012	FRIG001	Sédimentaire/Carbonaté	AEP	Forage	44
1199A80002	PtGuy01	Guyane	124279	473438	CSG67_UTM_Zone_22N	Grand Santi	AEP Grand Santi	Urbaine	08/06/2012	13/12/2012	FRKG005	Socle	AEP	Forage	62
1205D60001	PtGuy02	Guyane	163100	402750	CSG67_UTM_Zone_22N	Maripasoula	AEP Maripasoula	Urbaine	11/06/2012	03/12/2012	FRKG001	Socle	AEP	Forage	66,8
1189A90004	PtGuy03	Guyane	138765	583769	CSG67_UTM_Zone_22N	Saint Laurent du Maroni	PMH Sparouine	Urbaine	13/06/2012	26/11/2012	FRKG005	Socle	AEP	Forage	10,5
1193C70004	PtGuy04	Guyane	118018	501800	CSG67_UTM_Zone_22N	Grand Santi	Adotian	Urbaine	07/06/2012	13/12/2012	FRKG005	Socle	AEP	Forage	7,7
1215C20002	PtGuy05	Guyane	351650	350250	CSG67_UTM_Zone_22N	Camopi	AEP Camopi	Urbaine	11/06/2012	03/12/2012	FRKG002	Socle	Pas d'usage	Piézomètre	18,2
1188A60058	PtGuy06	Guyane	188376	618606	CSG67_UTM_Zone_22N	Mana	Acarouany	Agricole	14/06/2012	29/11/2012	FRKG006	Socle	Pas d'usage	Piézomètre	23
1197A60060	PtGuy07	Guyane	358350	543100	CSG67_UTM_Zone_22N	Rémire Montjoly	Piézo Vieux Chemin	Urbaine	04/06/2012	28/11/2012	FRKG012	Sédimentaire	Pas d'usage	Piézomètre	14,5
1197A30445	PtGuy08	Guyane	342742	546378	CSG67_UTM_Zone_22N	Cayenne	Puits privé	Urbaine	04/06/2012		FRKG012	Sédimentaire	Domestique	Puits	5
1197A30446	PtGuy08b	Guyane	352352	545971	CSG67_UTM_Zone_22N	Cayenne	Arago	Urbaine		04/12/2012	FRKG012	Sédimentaire		Puits	
1197A60180	PtGuy09	Guyane	354569	538049	CSG67_UTM_Zone_22N	Matoury	Station compostage	Urbaine	04/06/2012	28/11/2012	FRKG008	Socle	Industriel	Piézomètre	12,65
1192D50083	PtGuy10	Guyane	315301	569999	CSG67_UTM_Zone_22N	Kourou	P1 - SARA - Kourou	Urbaine et Industrielle	05/06/2012	27/11/2012	FRKG011	Sédimentaire	Domestique	Piézomètre	8,5
1178ZZ1711	PtMar01	Martinique	710508	1615923	Fort_Dessaix_UTM_Zone_20N	Fort de France	UIOM-Sara	Urbaine et Industrielle	16/04/2012	05/11/2012	FRJG204	Volcanique	Pas d'usage	Piézomètre	39,5
1179ZZ0202	PtMar02	Martinique	716425	1616230	Fort_Dessaix_UTM_Zone_20N	Lamentin	Place d'Armes	Urbaine et Industrielle	16/04/2012	06/11/2012	FRJG204	Volcanique	AEP	Piézomètre	75,5
1178ZZ2018	PtMar03	Martinique	710400	1618300	Fort_Dessaix_UTM_Zone_20N	Fort de France	La Meynard	Urbaine	10/04/2012	05/11/2012	FRJG204	Volcanique	Pas d'usage	Source	
1177ZZ0078	PtMar04	Martinique	704588	1617459	Fort_Dessaix_UTM_Zone_20N	Schoelcher	Case Navire	Urbaine et Industrielle	23/04/2012	05/11/2012	FRJG203	Volcanique	Pas d'usage	Piézomètre	60
1183ZZ0052	PtMar05	Martinique	727296	1604984	Fort_Dessaix_UTM_Zone_20N	Rivière Pilote	Fougainville	Agricole et Industrielle	24/04/2012	13/11/2012	FRJG206	Volcanique	Pas d'usage	Piézomètre	30
1179ZZ0228	PtMar06	Martinique	722470	1616560	Fort_Dessaix_UTM_Zone_20N	Francois	Habitation Victoire	Agricole	17/04/2012	12/11/2012	FRJG205	Volcanique	Pas d'usage	Piézomètre	
1166ZZ0026	PtMar07	Martinique	704700	1642890	Fort_Dessaix_UTM_Zone_20N	Basse Pointe	Chalvet	Agricole	24/04/2012	13/11/2012	FRJG201	Volcanique	Pas d'usage	Piézomètre	29
1168ZZ0054	PtMar08	Martinique	703855	1640502	Fort_Dessaix_UTM_Zone_20N	Basse Pointe	chez Ielene	Agricole	23/04/2012	12/11/2012	FRJG201	Volcanique	Pas d'usage	Piézomètre	28,5
1179ZZ0282	PtMar09	Martinique	720019	1616243	Fort_Dessaix_UTM_Zone_20N	Lamentin	Morne Pitault	Urbaine	10/04/2012	06/11/2012	FRJG204	Volcanique	Pas d'usage	Source	
12307X0013	PtMay01	Mayotte	523938	8588511	RGM04_UTM_38S	Mamoudzou	Kaweni F1	Urbaine et industrielle	03/04/2012		FRMG006	Alluvial	AEP	Forage	35
12307X0022	PtMay01b	Mayotte	520198	8585191	RGM04_UTM_38S	Dembeni	Kwalé	Agricole		05/09/2012	FRMG002	Volcanique	AEP	Forage	49,6
12307X0021	PtMay02	Mayotte	523833	8589221	RGM04_UTM_38S	Mamoudzou	Kaweni F3	Urbaine et industrielle	03/04/2012	04/09/2012	FRMG002	Volcanique	AEP	Forage	61
12313X0021	PtMay03	Mayotte	518759	8580531	RGM04_UTM_38S	Dembeni	Tsararano 1	Agricole	03/04/2012	04/09/2012	FRMG002	Volcanique	Pas d'usage	Forage	50
12266X0418	PtRéu01	Réunion	317999,19	7671917,11	RGR92_UTM_Zone_40S	Saint-Paul	Source bassin malheur	Urbaine	11/06/2012	14/01/2013	FRLG014	Volcanique	AEP	Source	0
12288X0045	PtRéu02	Réunion	341827,91	7641107,95	RGR92_UTM_Zone_40S	Saint Pierre	Forage F5 La Salette	Urbaine et Agricole	04/06/2012	14/01/2013	FRLG009	Volcanique	AEP	Forage	119,4
12284X0026	PtRéu03	Réunion	342553,58	7650414,18	RGR92_UTM_Zone_40S	Entre deux	Source Fargeau	Urbaine	04/06/2012	21/01/2013	FRLG010	Volcanique	AEP	Source	0
12262X0069	PtRéu04	Réunion	323644,56	7683267,63	RGR92_UTM_Zone_40S	Le Port	Puits centrale EDF	Industrielle	04/06/2012	14/01/2013	FRLG016	Alluvial	AEP	Forage	52,3
12262X0089	PtRéu05	Réunion	324741,78	7678807,07	RGR92_UTM_Zone_40S	Saint Paul	Trois chemins Bois de nefles	Agricole	04/06/2012	14/01/2013	FRLG015	Volcanique	AEP	Forage	107,4
12271X0037	PtRéu06	Réunion	343874,73	7688859,51	RGR92_UTM_Zone_40S	Saint-Denis	Puits zec chaudron	Urbaine et Agricole	04/06/2012	15/01/2013	FRLG001	Volcanique	AEP	Puits	27,1
12263X0019	PtRéu07	Réunion	332703,38	7679368,5	RGR92_UTM_Zone_40S	La Possession	Source Baroi	Agricole	04/06/2012	14/01/2013	FRLG016	Volcanique	AEP	Source	0
12271X0090	PtRéu08	Réunion	344307,25	7685732,87	RGR92_UTM_Zone_40S	Saint Denis	Forage Bretagne Domenjod	Urbaine	04/06/2012	15/01/2013	FRLG001	Volcanique	AEP	Forage	260

Annexe 4

Liste des molécules recherchées en 2012 dans les eaux souterraines des DOM

**40 points de prélèvements ; 2 campagnes
d'échantillonnages**

Molécules	Code SANDRE	Code CAS	Famille chimique	Famille_usage	Usage	Nb analyses	Laboratoire	LQ (µg/L)	Molécules quantifiées
1 hydroxyibuprofène	7011	53949-53-4	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anti-inflammatoire (met)	80	BRGM	0,05	NON
17-beta-Estradiol	5397	50-28-2	Stéroïdes et stéroïdes	Pharmaceutique	Hormone	80	CNRS	0,001	OUI
2-hydroxy-ibuprofène	7012	51146-55-5	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anti-inflammatoire (met)	79	LPTC	0,005	OUI
3,4-dichloroaniline	1586	95-76-1	Anilines et dérivés	Industriel	Herbicide (met) + Industriel Pigments, encres	80	CNRS	0,02	NON
4-androstenedione	5385	63-05-8	Stéroïdes et stéroïdes	Pharmaceutique	Hormone	80	CNRS	0,001	OUI
6-deisopropyl atrazine (=DIA)	1109	1007-28-9	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Métabolite herbicide	80	LPTC	0,001	OUI
Acetaminophen (paracetamol)	5354	103-90-2	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Analgésique	80	CNRS	0,009	OUI
Acetochlor	1903	34256-82-1	Organochlorés	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,0005	NON
Acetochlor ESA (t-sulfonic acid)	6856	187022-11-3	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide (met)	80	LPTC	0,001	NON
Acetochlor OXA (t-oxanilic acid)	6862	194992-44-4	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide (met)	80	LPTC	0,001	NON
Acetylsalicylic acid	6735	50-78-2	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Analgésique	79	LPTC	0,01	OUI
Alachlor	1101	15972-60-8	Organochlorés	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,001	OUI
Alachlor ESA	6800	142363-53-9	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide (met)	80	LPTC	0,001	OUI
Alachlor OXA	6855	171262-17-2	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide (met)	80	LPTC	0,001	NON
Alprazolam	5370	28981-97-7	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anxiolytique	79	LPTC	0,001	NON
Ametryne	1104	834-12-8	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,005	OUI
Aminomethylphosphonic acid (AMPA)	2083	1066-51-9	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide (met)	80	LPTC	0,05	OUI
Aminotriazole	1105	61-82-5	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,002	OUI
Amoxicilline	6719	26787-78-0	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique	66	LPTC	0,05	NON
Ampicilline	6759	69-53-4	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique	80	LPTC	0,01	NON
Anthraquinone	2013	84-65-1	HAP et dérivés	Phytosanitaire	Répulsif	80	BRGM	0,05	NON
asulame	1965	3337-71-1	Carbamates	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,001	OUI
Atenolol	5361	29122-68-7	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Béta-bloquant	80	CNRS	0,001	OUI
Atrazine	1107	1912-24-9	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	CNRS	0,001	OUI
Azaconazole	2014	60207-31-0	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,005	NON
Azoxystrobine	1951	131860-33-8	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	80	CNRS	0,0005	OUI
Benzo(a)pyrene	1115	50-32-8	HAP et dérivés	Industriel	Raffinage et combustion source fossile	78	CNRS	0,007	NON
Benzo(b)fluoranthène	1116	205-99-2	HAP et dérivés	Industriel	Raffinage et combustion source fossile	78	CNRS	0,004	NON
Benzylbutylphthalate (BBP)	1924	85-68-7	Phtalates	Industriel	Plastifiant	80	LPTC	0,01	OUI
Bezafibrate	5366	41859-67-0	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Hypolipédiant	80	CNRS	0,001	OUI
Bifenox	1119	42576-02-3	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,05	NON
Biphenyl	1584	92-52-4	Benzène et dérivés	Phytosanitaire	Fongicide	78	CNRS	0,005	NON
Bisphenol A	2766	80-05-7	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	Industriel	Plastifiant	80	CNRS	0,001	OUI
Bromacil	1686	314-40-9	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,005	OUI
Bromazepam	5371	1812-30-2	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anxiolytique	79	LPTC	0,001	NON
Cadusafos	1863	95465-99-9	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	80	BRGM	0,05	NON
Caffeine	6519	58-08-2	Divers (autres organiques)	Personal care	Diurétique	80	CNRS	0,001	OUI
Captane	1128	133-06-2	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	80	BRGM	0,05	NON
Carbamazepine	5296	298-46-4	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anti-convulsivant	80	CNRS	0,0005	OUI
Carbamazepine 10,11-epoxide	6725	36507-30-9	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anti-convulsivant (met)	79	LPTC	0,01	NON
Carbendazim	1129	10605-21-7	Carbamates	Phytosanitaire	Fongicide	80	CNRS	0,001	OUI
Carbofuran	1130	1563-66-2	Carbamates	Phytosanitaire	Insecticide	80	CNRS	0,001	NON
Carbophenothion	1131	786-19-6	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	80	BRGM	0,05	NON
Carbosulfan	1864	55285-14-8	Carbamates	Phytosanitaire	Insecticide	80	LPTC	0,005	NON
Chlorfenvinphos	1464	470-90-6	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide, traitement vétérinaire	80	CNRS	0,0006	NON
Chloroxuron	1683	1982-47-4	Urées et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,005	NON
Chlorpyrifos-ethyl	1083	39475-55-3	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	78	CNRS	0,015	NON
Chlorpyrifos-methyl	1540	5598-13-0	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	79	LPTC	0,0001	OUI
Chlorsulfuron	1353	64902-72-3	Urées et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,01	NON

Molécules	Code SANDRE	Code CAS	Famille chimique	Famille_usage	Usage	Nb analyses	Laboratoire	LQ (µg/L)	Molécules quantifiées
Chlortoluron	1136	15545-48-9	Urées et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,001	OUI
Ciprofloxacine	6540	85721-33-1	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique	80	CNRS	0,007	OUI
Clarithromycine	6537	81103-11-9	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique	80	LPTC	0,005	NON
Clofentezine	1868	74115-24-5	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	CNRS	0,001	NON
Clofibrac acid	5408	882-09-7	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Hypolipidémiant	79	LPTC	0,005	NON
Clomazone	2017	81777-89-1	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	CNRS	0,0005	NON
Cyclophosphamide	6733	50-18-0	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anticancéreux	79	LPTC	0,001	NON
Cyproconazole	1680	94361-06-5	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,005	NON
Cyprodinil	1359	121552-61-2	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	80	BRGM	0,005	NON
Cyromazine	2897	66215-27-8	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,001	NON
Deethylatrazine	1108	6190-65-4	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,005	OUI
Deltaméthrin	1149	52918-63-5	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Répulsif	80	LPTC	0,0001	NON
Diazepam	5372	439-14-5	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anxiolytique	79	LPTC	0,001	NON
Diazinon	1157	333-41-5	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	79	LPTC	0,0005	OUI
Dichlorvos	1170	62-73-7	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	80	LPTC	0,001	OUI
Diclofenac	5349	15307-86-5	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anti-inflammatoire	80	CNRS	0,002	OUI
Dicofol	1172	115-32-2	Organochlorés	Phytosanitaire	Insecticide	78	CNRS	0,04	NON
Difenoconazole	1905	119446-68-3	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	79	LPTC	0,001	OUI
Diflubenzuron	1488	35367-38-5	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Insecticide	80	LPTC	0,001	NON
Diflufenican	1814	83164-33-4	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	CNRS	0,003	OUI
Diméthachlor	2546	50563-36-5	Organochlorés	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,005	OUI
Di-n-butylphthalate (DBP)	1462	84-74-2	Phtalates	Industriel	Plastifiant	80	LPTC	0,02	OUI
Disulfoton	1492	298-04-4	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	80	BRGM	0,05	NON
Diuron	1177	330-54-1	Urées et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	CNRS	0,003	OUI
Doxycycline	6791	564-25-0	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique	80	LPTC	0,01	NON
Drospirone	6757	67392-87-4	Stéroïdes et stéroïdes	Pharmaceutique	Progestatifs synthétiques	80	CNRS	0,001	OUI
Endosulfan	1743	115-29-7	Organochlorés	Phytosanitaire	Insecticide	79	LPTC	0,001	NON
Erythromycine-H2O	6522	114-07-8	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique	80	LPTC	0,05	NON
Estrone	5396	53-16-7	Stéroïdes et stéroïdes	Pharmaceutique	Hormone	80	CNRS	0,005	OUI
Ethinylestradiol	2629	57-63-6	Stéroïdes et stéroïdes	Pharmaceutique	Hormone	80	CNRS	0,01	OUI
Ethoprophos	1495	13194-48-4	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	80	BRGM	0,05	NON
Exitiazox	1876	78587-05-0	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Insecticide acaricide	80	CNRS	0,001	NON
Fenamiphos	1499	22224-92-6	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	80	BRGM	0,05	NON
Fenarimol	1185	60168-88-9	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	78	CNRS	0,1	OUI
Fenchlorphos	1186	299-84-3	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	79	LPTC	0,001	NON
Fenitrothion	1187	122-14-5	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	79	LPTC	0,001	NON
Fenofibrate	5368	49562-28-9	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Hypolipidémiant	80	CNRS	0,002	NON
Fenofibrac acid	6844	26129-32-8	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Hypolipidémiant	79	LPTC	0,01	NON
Fenpropidine	1700	67306-00-7	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	80	LPTC	0,001	NON
Fenthion	1190	55-38-9	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	79	LPTC	0,0001	NON
Fipronil	2009	120068-37-3	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Insecticide	79	LPTC	0,0005	OUI
Fipronil sulfide	6261	120067-83-6	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Insecticide (met)	79	LPTC	0,005	NON
Fipronil sulfone	6260	120068-36-2	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Insecticide (met)	79	LPTC	0,005	OUI
Fluazifop-P-butyl	1404	79241-46-6	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,001	NON
Fluoranthène	1191	206-44-0	HAP et dérivés	Industriel	Résidus distillation goudron	78	CNRS	0,001	OUI
Fluoxetine	5373	54910-89-3	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antidépresseur	79	LPTC	0,001	NON
Flurochloridone	1675	61213-25-0	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,05	NON
Fluroxypyr	1765	69377-81-7	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	CNRS	0,008	NON
Folpel	1192	133-07-3	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	80	BRGM	0,05	NON
Fostiazate	2744	98886-44-3	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	80	LPTC	0,005	NON
Furosemide	5364	54-31-9	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Diurétique	80	CNRS	0,008	NON
Galaxolide	6618	1222-05-5	Divers (autres organiques)	Personal care	Fragrance	80	BRGM	0,03	OUI
Gemfibrozil	5365	25812-30-0	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Hypolipidémiant	79	LPTC	0,001	NON
Glyphosate	1506	1071-83-6	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,05	NON

Molécules	Code SANDRE	Code CAS	Famille chimique	Famille_usage	Usage	Nb analyses	Laboratoire	LQ (µg/L)	Molécules quantifiées
Hexaconazole	1405	79983-71-4	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,005	OUI
Hexazinone	1673	51235-04-2	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,005	OUI
Ibuprofen	5350	15687-27-1	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anti-inflammatoire	80	CNRS	0,001	OUI
Ifosfamide	6727	3778-73-2	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anticancéreux	80	BRGM	0,05	NON
Imazalil	1704	35554-44-0	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	80	BRGM	0,005	OUI
Imidaclopride	1877	138261-41-3	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Insecticide, traitement vétérinaire	80	LPTC	0,0001	OUI
Iprodione	1206	36734-19-7	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	79	LPTC	0,001	NON
Irgarol	1935	28159-98-0	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,001	NON
isazofos	1976	42509-80-8	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	80	BRGM	0,05	NON
Isoproturon	1208	34123-59-6	Urées et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	CNRS	0,001	NON
Isoxaben	1672	82558-50-7	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,005	NON
Isoxaflutole	1945	141112-29-0	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,001	NON
Ketoprofen	5353	22071-15-4	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anti-inflammatoire	79	LPTC	0,001	OUI
Levonorgestrel	6770	797-63-7	Stéroïdes et stéroïdes	Pharmaceutique	Hormone	80	CNRS	0,001	OUI
Lincomycin	6570	859-18-7	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique	80	LPTC	0,001	NON
Linuron	1209	330-55-2	Urées et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,001	OUI
Lorazepam	5374	846-49-1	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anxiolytique	79	LPTC	0,001	NON
Losartan	6699	114798-26-4	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Béta-bloquant	79	LPTC	0,005	NON
Malathion	1210	121-75-5	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	79	LPTC	0,0001	OUI
Metazachlor	1670	67129-08-2	Organochlorés	Phytosanitaire	Herbicide	80	CNRS	0,0005	OUI
Metconazole	1879	125116-23-6	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,005	NON
Metformine	6755	657-24-9	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anti-diabétique	79	LPTC	0,005	OUI
Methomyl	1218	16752-77-5	Carbamates	Phytosanitaire	Insecticide	80	CNRS	0,0005	NON
Metolachlor	1221	51218-45-2	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,005	OUI
Metolachlor ESA (metalachlor ethylsulphonic acid)	6854	171118-09-5	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide (met)	80	LPTC	0,005	OUI
Metolachlor OXA (metalachlor oxanilic acid)	6853	152019-73-3	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide (met)	80	LPTC	0,005	NON
Metoprolol	5362	37350-58-6	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Béta-bloquant	80	CNRS	0,001	NON
Métribuzin	1225	21087-64-9	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,001	NON
Metronidazole	6731	443-48-1	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antiparasitaire	80	CNRS	0,005	OUI
Monocrotophos	1880	6923-22-4	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	80	LPTC	0,001	NON
N,N-diméthyl-N'-p-tolylsulfamide (DMST)	6824	66840-71-9	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide (met)	80	LPTC	0,001	OUI
Naproxen	5351	22204-53-1	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anti-inflammatoire	79	LPTC	0,001	NON
Norethindrone	5400	68-22-4	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Hormone	80	CNRS	0,003	OUI
Norfloxacin	6761	70458-96-7	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique	80	CNRS	0,005	OUI
Ofloxacin	6533	82419-36-1	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique	80	CNRS	0,005	OUI
Oxadiazon	1667	19666-30-9	Organochlorés	Phytosanitaire	Herbicide	79	LPTC	0,005	NON
Oxazepam	5375	604-75-1	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anxiolytique	79	LPTC	0,002	NON
Oxytetracycline	6850	79-57-2	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique	80	LPTC	0,05	NON
Parathion - ethyl	1232	56-38-2	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	79	LPTC	0,002	NON
Parathion methyl	1233	298-00-0	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	79	LPTC	0,0001	NON
Pendimethalin	1234	40487-42-1	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	79	LPTC	0,001	NON
Penicillin G	6752	61-33-6	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique	80	LPTC	0,01	NON
Pentachlorophenol	1235	87-86-5	Autres phénols	Industriel	Fongicide	80	CNRS	0,003	OUI
Perfluoroheptanoic acid (PFHpA)	5977	375-85-9	PFC (PFOA, PFOS)	Industriel	Multiple	80	LPTC	0,001	OUI
Perfluoro-n-undecanoic acid (PFUnA)	6510	2058-94-8	PFC (PFOA, PFOS)	Industriel	Multiple	80	LPTC	0,001	NON
Perfluorooctane sulfonate (PFOS)	6560	1763-23-1	PFC (PFOA, PFOS)	Industriel	Multiple	80	LPTC	0,001	OUI
Perfluorooctanoic acid (PFOA)	5347	335-67-1	PFC (PFOA, PFOS)	Industriel	Multiple	80	LPTC	0,001	OUI
Phosalone	1237	2310-17-0	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	80	BRGM	0,05	NON
Phoxime	1665	14816-18-3	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	80	CNRS	0,001	OUI
Piclorame	1708	1918-02-1	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,01	NON
Piperonyl butoxide	1709	51-03-6	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Insecticide	80	CNRS	0,001	OUI

Molécules	Code SANDRE	Code CAS	Famille chimique	Famille_usage	Usage	Nb analyses	Laboratoire	LQ (µg/L)	Molécules quantifiées
Pravastatin	6771	81131-70-6	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Hypolipidémiant	80	CNRS	0,01	NON
Prochloraz	1253	67747-09-5	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	80	CNRS	0,001	NON
Procymidon	1664	32809-16-8	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	78	CNRS	0,005	NON
Progesterone	5402	57-83-0	Stéroïdes et stéroïdes	Pharmaceutique	Hormone	80	CNRS	0,001	OUI
Propachlor	1712	1918-16-7	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,001	NON
Propanil	1532	709-98-8	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,005	NON
Propiconazole	1257	60207-90-1	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	80	LPTC	0,001	OUI
Propoxur	1535	114-26-1	Carbamates	Phytosanitaire	Insecticide	80	BRGM	0,05	NON
Propranolol	5363	525-66-6	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Béta-bloquant	80	CNRS	0,009	NON
Prosulfocarbe	1092	52888-80-9	Carbamates	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,005	NON
Pymetrozine	5416	123312-89-0	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Insecticide	80	LPTC	0,001	NON
Pyrimethanil	1432	53112-28-0	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	80	BRGM	0,05	NON
Pyrimiphos-methyl	1261	29232-93-7	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	79	LPTC	0,001	NON
Quizalofop	2069	76578-12-6	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,003	NON
Quizalofop éthyl	2070	76578-14-8	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide (met)	0	LPTC	0,001	NON
Quizalofop ethyl p	6637	100646-51-3	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide (met)	80	LPTC		
Simvastatin	5358	79902-63-9	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Hypolipidémiant	79	LPTC	0,01	NON
S-Metolachlor	2974	87392-12-9	Organochlorés	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,1	NON
Sotalol	5424	3930-20-9	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Béta-bloquant	79	LPTC	0,001	OUI
Sulfadiazine	6758	68-35-9	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique	80	LPTC	0,005	NON
Sulfaméthazine	6525	57-68-1	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique vétérinaire	80	CNRS	0,002	OUI
Sulfaméthoxazole	5356	723-46-6	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anti-convulsivant	80	CNRS	0,002	OUI
Sulfathiazole	6572	72-14-0	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique	80	LPTC	0,005	NON
Tebuconazole	1694	107534-96-3	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	80	BRGM	0,005	OUI
Tebufenozide	1895	112410-23-8	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Insecticide	80	LPTC	0,001	NON
Terbuphos	1267	13071-79-9	Organophosphorés	Phytosanitaire	Insecticide	80	BRGM	0,05	NON
Terbutylazine déséthyl	2045	30125-63-4	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	BRGM	0,005	NON
Terbutryn	1269	886-50-0	Triazines et métabolites	Phytosanitaire	Herbicide	80	LPTC	0,001	OUI
Testosterone	5384	58-22-0	Stéroïdes et stéroïdes	Pharmaceutique	Hormone	80	CNRS	0,001	OUI
Triadimenol	1280	55219-65-3	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	80	CNRS	0,001	OUI
Triclosan	5430	3380-34-5	Autres phénols	Personal care	Antibactérien et antifongique	79	LPTC	0,001	OUI
Trifloxystrobin	2678	141517-21-7	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Fongicide	80	LPTC	0,001	NON
Trifluraline	1289	1582-09-8	Divers (autres organiques)	Phytosanitaire	Herbicide	78	CNRS	0,003	NON
Triméthoprim	5357	738-70-5	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique	80	CNRS	0,001	OUI
Tylosine	6523	1401-69-0	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Antibiotique vétérinaire	80	CNRS	0,1	NON
Valproic Acid	6787	99-66-1	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Anti-convulsivant	0	LPTC		
Zolpidem	5376	82626-48-0	Divers (autres organiques)	Pharmaceutique	Hypnotique	79	LPTC	0,005	NON

Annexe 5

Liste des molécules recherchées et jamais quantifiées dans les eaux souterraines des DOM lors de l'étude prospective 2012

Famille d'usage	Molécules	Code SANDRE	Code CAS	LQ (µg/L)	Usage	Famille chimique
Phytosanitaire	Biphenyl	1584	92-52-4	0,005	Fongicide	Benzène et dérivés
	Captane	1128	133-06-2	0,05	Fongicide	Divers (autres organiques)
	Cyprodinil	1359	121552-61-2	0,005	Fongicide	Divers (autres organiques)
	Fenpropidine	1700	67306-00-7	0,001	Fongicide	Divers (autres organiques)
	Folpel	1192	133-07-3	0,05	Fongicide	Divers (autres organiques)
	Iprodione	1206	36734-19-7	0,001	Fongicide	Divers (autres organiques)
	Prochloraz	1253	67747-09-5	0,001	Fongicide	Divers (autres organiques)
	Procymidon	1664	32809-16-8	0,005	Fongicide	Divers (autres organiques)
	Pyrimethanil	1432	53112-28-0	0,05	Fongicide	Divers (autres organiques)
	Trifloxystrobin	2678	141517-21-7	0,001	Fongicide	Divers (autres organiques)
	Prosulfocarbe	1092	52888-80-9	0,005	Herbicide	Carbamates
	Bifenox	1119	42576-02-3	0,05	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Clomazone	2017	81777-89-1	0,0005	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Fluazifop-P-butyl	1404	79241-46-6	0,001	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Flurochloridone	1675	61213-25-0	0,05	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Fluroxypyr	1765	69377-81-7	0,008	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Glyphosate	1506	1071-83-6	0,05	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Isoxaben	1672	82558-50-7	0,005	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Isoxaflutole	1945	141112-29-0	0,001	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Pendimethalin	1234	40487-42-1	0,001	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Piclorame	1708	1918-02-1	0,01	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Propachlor	1712	1918-16-7	0,001	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Propanil	1532	709-98-8	0,005	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Quizalofop	2069	76578-12-6	0,003	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Trifluraline	1289	1582-09-8	0,003	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Acetochlor	1903	34256-82-1	0,0005	Herbicide	Organochlorés
	Oxadiazon	1667	19666-30-9	0,005	Herbicide	Organochlorés
	S-Metolachlor	2974	87392-12-9	0,1	Herbicide	Organochlorés
	Azaconazole	2014	60207-31-0	0,005	Herbicide	Triazines et métabolites
	Clofentezine	1868	74115-24-5	0,001	Herbicide	Triazines et métabolites
	Cyproconazole	1680	94361-06-5	0,005	Herbicide	Triazines et métabolites
	Cyromazine	2897	66215-27-8	0,001	Herbicide	Triazines et métabolites
	Irgarol	1935	28159-98-0	0,001	Herbicide	Triazines et métabolites
	Metconazole	1879	125116-23-6	0,005	Herbicide	Triazines et métabolites
	Métribuzin	1225	21087-64-9	0,001	Herbicide	Triazines et métabolites
	Terbuthylazine déséthyl	2045	30125-63-4	0,005	Herbicide	Triazines et métabolites
	Chloroxuron	1683	1982-47-4	0,005	Herbicide	Urées et métabolites
	Chlorsulfuron	1353	64902-72-3	0,01	Herbicide	Urées et métabolites
	Isoproturon	1208	34123-59-6	0,001	Herbicide	Urées et métabolites
	Acetochlor ESA (t-sulfonic acid)	6856	187022-11-3	0,001	Herbicide (met)	Divers (autres organiques)
	Acetochlor OXA (t-oxanilic acid)	6862	194992-44-4	0,001	Herbicide (met)	Divers (autres organiques)
Alachlor OXA	6855	171262-17-2	0,001	Herbicide (met)	Divers (autres organiques)	
Metolachlor OXA (metalachlor oxanilic acid)	6853	152019-73-3	0,005	Herbicide (met)	Divers (autres organiques)	
Quizalofop éthyl	2070	76578-14-8	0,001	Herbicide (met)	Divers (autres organiques)	
Carbofuran	1130	1563-66-2	0,001	Insecticide	Carbamates	

Famille d'usage	Molécules	Code SANDRE	Code CAS	LQ (µg/L)	Usage	Famille chimique
	Carbosulfan	1864	55285-14-8	0,005	Insecticide	Carbamates
	Methomyl	1218	16752-77-5	0,0005	Insecticide	Carbamates
	Propoxur	1535	114-26-1	0,05	Insecticide	Carbamates
	Diflubenzuron	1488	35367-38-5	0,001	Insecticide	Divers (autres organiques)
	Pymetrozine	5416	123312-89-0	0,001	Insecticide	Divers (autres organiques)
	Tebufenozide	1895	112410-23-8	0,001	Insecticide	Divers (autres organiques)
	Dicofol	1172	115-32-2	0,04	Insecticide	Organochlorés
	Endosulfan	1743	115-29-7	0,001	Insecticide	Organochlorés
	Cadusafos	1863	95465-99-9	0,05	Insecticide	Organophosphorés
	Carbophenothion	1131	786-19-6	0,05	Insecticide	Organophosphorés
	Chlorpyriphos-ethyl	1083	39475-55-3	0,015	Insecticide	Organophosphorés
	Disulfoton	1492	298-04-4	0,05	Insecticide	Organophosphorés
	Ethoprophos	1495	13194-48-4	0,05	Insecticide	Organophosphorés
	Fenamiphos	1499	22224-92-6	0,05	Insecticide	Organophosphorés
	Fenchlorphos	1186	299-84-3	0,001	Insecticide	Organophosphorés
	Fenitrothion	1187	122-14-5	0,001	Insecticide	Organophosphorés
	Fenthion	1190	55-38-9	0,0001	Insecticide	Organophosphorés
	Fosthiazate	2744	98886-44-3	0,005	Insecticide	Organophosphorés
	isazofos	1976	42509-80-8	0,05	Insecticide	Organophosphorés
	Monocrotophos	1880	6923-22-4	0,001	Insecticide	Organophosphorés
	Parathion - ethyl	1232	56-38-2	0,002	Insecticide	Organophosphorés
	Parathion methyl	1233	298-00-0	0,0001	Insecticide	Organophosphorés
	Phosalone	1237	2310-17-0	0,05	Insecticide	Organophosphorés
	Pyrimiphos-methyl	1261	29232-93-7	0,001	Insecticide	Organophosphorés
	Terbuphos	1267	13071-79-9	0,05	Insecticide	Organophosphorés
	Fipronil sulfide	6261	120067-83-6	0,005	Insecticide (met)	Divers (autres organiques)
	Exitiazox	1876	78587-05-0	0,001	Insecticide acaricide	Divers (autres organiques)
	Chlorfenvinphos	1464	470-90-6	0,0006	Insecticide, traitement vétérinaire	Organophosphorés
	Deltamethrin	1149	52918-63-5	0,0001	Répulsif	Divers (autres organiques)
	Anthraquinone	2013	84-65-1	0,05	Répulsif	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)

Famille d'usage	Molécules	Code SANDRE	Code CAS	LQ (µg/L)	Usage	Famille chimique
Industriel	3,4-dichloroaniline	1586	95-76-1	0,02	Herbicide (met) + Industriel / Pigments, encres	Anilines et dérivés
	Perfluoro-n-undecanoic acid (PFUnA)	6510	2058-94-8	0,001	Multiple	PFC (PFOA, PFOS)
	Benzo(a)pyrene	1115	50-32-8	0,007	Raffinage et combustion source fossile	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)
	Benzo(b)fluoranthene	1116	205-99-2	0,004	Raffinage et combustion source fossile	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)

Famille d'usage	Molécules	Code SANDRE	Code CAS	LQ (µg/L)	Usage	Famille chimique
Pharmaceutique	Amoxicilline	6719	26787-78-0	0,05	Antibiotique	Divers (autres organiques)
	Ampicilline	6759	69-53-4	0,01	Antibiotique	Divers (autres organiques)
	Clarithromycin	6537	81103-11-9	0,005	Antibiotique	Divers (autres organiques)
	Doxycycline	6791	564-25-0	0,01	Antibiotique	Divers (autres organiques)
	Erythromycin-H2O	6522	114-07-8	0,05	Antibiotique	Divers (autres organiques)
	Lincomycin	6570	859-18-7	0,001	Antibiotique	Divers (autres organiques)
	Oxytetracycline	6850	79-57-2	0,05	Antibiotique	Divers (autres organiques)
	Penicillin G	6752	61-33-6	0,01	Antibiotique	Divers (autres organiques)
	Sulfadiazine	6758	68-35-9	0,005	Antibiotique	Divers (autres organiques)
	Sulfathiazole	6572	72-14-0	0,005	Antibiotique	Divers (autres organiques)
	Tylosine	6523	1401-69-0	0,1	Antibiotique vétérinaire	Divers (autres organiques)
	Cyclophosphamide	6733	50-18-0	0,001	Anticancéreux	Divers (autres organiques)
	Ifosfamide	6727	3778-73-2	0,05	Anticancéreux	Divers (autres organiques)
	Carbamazepine 10,11-epoxide	6725	36507-30-9	0,01	Anti-convulsivant (met)	Divers (autres organiques)
	Fluoxetine	5373	54910-89-3	0,001	Antidépresseur	Divers (autres organiques)
	Naproxen	5351	22204-53-1	0,001	Anti-inflammatoire	Divers (autres organiques)
	1 hydroxyibuprofène	7011	53949-53-4	0,05	Anti-inflammatoire (met)	Divers (autres organiques)
	Alprazolam	5370	28981-97-7	0,001	Anxiolytique	Divers (autres organiques)
	Bromazepam	5371	1812-30-2	0,001	Anxiolytique	Divers (autres organiques)
	Diazepam	5372	439-14-5	0,001	Anxiolytique	Divers (autres organiques)
	Lorazepam	5374	846-49-1	0,001	Anxiolytique	Divers (autres organiques)
	Oxazepam	5375	604-75-1	0,002	Anxiolytique	Divers (autres organiques)
	Losartan	6699	114798-26-4	0,005	Béta-bloquant	Divers (autres organiques)
	Metoprolol	5362	37350-58-6	0,001	Béta-bloquant	Divers (autres organiques)
	Propranolol	5363	525-66-6	0,009	Béta-bloquant	Divers (autres organiques)
	Furosemide	5364	54-31-9	0,008	Diurétique	Divers (autres organiques)
	Zolpidem	5376	82626-48-0	0,005	Hypnotique	Divers (autres organiques)
	Clofibric acid	5408	882-09-7	0,005	Hypolipidémiant	Divers (autres organiques)
	Fenofibrate	5368	49562-28-9	0,002	Hypolipidémiant	Divers (autres organiques)
	Fenofibric acid	6844	26129-32-8	0,01	Hypolipidémiant	Divers (autres organiques)
Gemfibrozil	5365	25812-30-0	0,001	Hypolipidémiant	Divers (autres organiques)	
Pravastatin	6771	81131-70-6	0,01	Hypolipidémiant	Divers (autres organiques)	
Simvastatin	5358	79902-63-9	0,01	Hypolipidémiant	Divers (autres organiques)	

Annexe 6

Liste des molécules recherchées et quantifiées au moins une fois dans les eaux souterraines des DOM lors de l'étude prospective 2012

Famille d'usage	Molécules	Code SANDRE	Code CAS	LQ (µg/L)	Nb DOM impacté	DOM impacté	Usage	Famille chimique
Phytosanitaire	Difenoconazole	1905	119446-68-3	0,001	1	Martinique	Fongicide	Divers (autres organiques)
	Fenarimol	1185	60168-88-9	0,1	1	Mayotte	Fongicide	Divers (autres organiques)
	Imazalil	1704	35554-44-0	0,005	1	Martinique	Fongicide	Divers (autres organiques)
	Tebuconazole	1694	107534-96-3	0,005	1	Guyane	Fongicide	Divers (autres organiques)
	Triadimenol	1280	55219-65-3	0,001	1	Martinique	Fongicide	Divers (autres organiques)
	Aminotriazole	1105	61-82-5	0,002	1	Guyane	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Metolachlor	1221	51218-45-2	0,005	1	Martinique	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Alachlor	1101	15972-60-8	0,001	1	Guyane	Herbicide	Organochlorés
	Dimetachlor	2546	50563-36-5	0,005	1	Guyane	Herbicide	Organochlorés
	Ametryne	1104	834-12-8	0,005	1	Martinique	Herbicide	Triazines et métabolites
	Hexaconazole	1405	79983-71-4	0,005	1	Guyane	Herbicide	Triazines et métabolites
	Chlortoluron	1136	15545-48-9	0,001	1	Martinique	Herbicide	Urées et métabolites
	Linuron	1209	330-55-2	0,001	1	Guyane	Herbicide	Urées et métabolites
	Alachlor ESA	6800	142363-53-9	0,001	1	Guyane	Herbicide (met)	Divers (autres organiques)
	Aminomethylphosphonic acid (AMPA)	2083	1066-51-9	0,05	1	Martinique	Herbicide (met)	Divers (autres organiques)
	Metolachlor ESA (metalachlor ethylsulphonic acid)	6854	171118-09-5	0,005	1	Martinique	Herbicide (met)	Divers (autres organiques)
	Diazinon	1157	333-41-5	0,0005	1	Martinique	Insecticide	Organophosphorés
	Dichlorvos	1170	62-73-7	0,001	1	Guyane	Insecticide	Organophosphorés
	Phoxime	1665	14816-18-3	0,001	1	Guadeloupe	Insecticide	Organophosphorés
	Fipronil sulfone	6260	120068-36-2	0,005	1	Guyane	Insecticide (met)	Divers (autres organiques)
	Propiconazole	1257	60207-90-1	0,001	2	Guyane;Martinique	Fongicide	Divers (autres organiques)
	N,N-dimethyl-N'-p-tolylsulfamide (DMST)	6824	66840-71-9	0,001	2	Guyane;Mayotte	Fongicide (met)	Divers (autres organiques)
	Diflufenican	1814	83164-33-4	0,003	2	Guadeloupe;Martinique	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Deethylatrazine	1108	6190-65-4	0,005	2	Guadeloupe;Réunion	Herbicide	Triazines et métabolites
	Hexazinone	1673	51235-04-2	0,005	2	Guadeloupe;Martinique	Herbicide	Triazines et métabolites
	Fipronil	2009	120068-37-3	0,0005	2	Guyane;Martinique	Insecticide	Divers (autres organiques)
	Chlorpyrifos-methyl	1540	5598-13-0	0,0001	2	Guyane;Martinique	Insecticide	Organophosphorés
	Malathion	1210	121-75-5	0,0001	2	Martinique;Mayotte	Insecticide	Organophosphorés
	Azoxystrobine	1951	131860-33-8	0,0005	3	Guadeloupe;Guyane;Martinique	Fongicide	Divers (autres organiques)
	asulame	1965	3337-71-1	0,001	3	Guadeloupe;Martinique;Réunion	Herbicide	Carbamates
	Bromacil	1686	314-40-9	0,005	3	Guyane;Martinique;Réunion	Herbicide	Divers (autres organiques)
	Terbutryn	1269	886-50-0	0,001	3	Guadeloupe;Guyane;Mayotte	Herbicide	Triazines et métabolites
	Carbendazim	1129	10605-21-7	0,001	4	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Mayotte	Fongicide	Carbamates
	Metazachlor	1670	67129-08-2	0,0005	4	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Mayotte	Herbicide	Organochlorés
Diuron	1177	330-54-1	0,003	4	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion	Herbicide	Urées et métabolites	
Piperonyl butoxide	1709	51-03-6	0,001	4	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Mayotte	Insecticide	Divers (autres organiques)	
6-deisopropyl atrazine (=DIA)	1109	1007-28-9	0,001	4	Guadeloupe;Martinique;Réunion;Mayotte	Métabolite herbicide	Triazines et métabolites	
Atrazine	1107	1912-24-9	0,001	5	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Herbicide	Triazines et métabolites	
Imidaclopride	1877	138261-41-3	0,0001	5	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Insecticide, traitement vétérinaire	Divers (autres organiques)	

Famille d'usage	Molécules	Code SANDRE	Code CAS	LQ (µg/L)	Nb DOM impacté	DOM impacté	Usage	Famille chimique
Pharmaceutique	Ciprofloxacine	6540	85721-33-1	0,007	1	Mayotte	Antibiotique	Divers (autres organiques)
	Metronidazole	6731	443-48-1	0,005	1	Mayotte	Antiparasitaire	Divers (autres organiques)
	Aténolol	5361	29122-68-7	0,001	1	Mayotte	Béta-bloquant	Divers (autres organiques)
	17-beta-Estradiol	5397	50-28-2	0,001	1	Guyane	Hormone	Stéroïdes et stéroïdes (oestrogènes, progestogènes)
	Levonorgestrel	6770	797-63-7	0,001	2	Guadeloupe;Réunion	Hormone	Stéroïdes et stéroïdes (oestrogènes, progestogènes)
	Norfloxacin	6761	70458-96-7	0,005	2	Martinique;Mayotte	Antibiotique	Divers (autres organiques)
	Trimethoprim	5357	738-70-5	0,001	2	Martinique;Mayotte	Antibiotique	Divers (autres organiques)
	Sulfamethazine	6525	57-68-1	0,002	2	Réunion;Mayotte	Antibiotique vétérinaire	Divers (autres organiques)
	Sotalol	5424	3930-20-9	0,001	2	Guyane;Martinique	Béta-bloquant	Divers (autres organiques)
	Norethindrone	5400	68-22-4	0,003	2	Guadeloupe;Martinique	Hormone	Divers (autres organiques)
	Estrone	5396	53-16-7	0,005	2	Guadeloupe;Martinique	Hormone	Stéroïdes et stéroïdes (oestrogènes, progestogènes)
	Ethinylestradiol	2629	57-63-6	0,01	2	Guyane;Réunion	Hormone	Stéroïdes et stéroïdes (oestrogènes, progestogènes)
	Testosterone	5384	58-22-0	0,001	2	Guadeloupe;Martinique	Hormone	Stéroïdes et stéroïdes (oestrogènes, progestogènes)
	Metformine	6755	657-24-9	0,005	3	Guadeloupe;Guyane;Réunion	Anti-diabétique	Divers (autres organiques)
	Diclofenac	5349	15307-86-5	0,002	3	Guadeloupe;Martinique;Mayotte	Anti-inflammatoire	Divers (autres organiques)
	Bezafibrate	5366	41859-67-0	0,001	3	Guadeloupe;Martinique;Mayotte	Hypolipédiant	Divers (autres organiques)
	Drospirenone	6757	67392-87-4	0,001	3	Guadeloupe;Réunion;Mayotte	Progestatifs synthétiques	Stéroïdes et stéroïdes (oestrogènes, progestogènes)
	Ofloxacin	6533	82419-36-1	0,005	4	Guadeloupe;Martinique;Réunion;Mayotte	Antibiotique	Divers (autres organiques)
	Sulfamethoxazole	5356	723-46-6	0,002	4	Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Anti-convulsivant	Divers (autres organiques)
	4-androstenedione	5385	63-05-8	0,001	4	Guadeloupe;Martinique;Réunion;Mayotte	Hormone	Stéroïdes et stéroïdes (oestrogènes, progestogènes)
	Acetaminophen (paracetamol)	5354	103-90-2	0,009	5	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Analgésique	Divers (autres organiques)
	Acetylsalicylic acid	6735	50-78-2	0,01	5	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Analgésique	Divers (autres organiques)
	Carbamazepine	5296	298-46-4	0,0005	5	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Anti-convulsivant	Divers (autres organiques)
Ibuprofen	5350	15687-27-1	0,001	5	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Anti-inflammatoire	Divers (autres organiques)	
Ketoprofen	5353	22071-15-4	0,001	5	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Anti-inflammatoire	Divers (autres organiques)	
2-hydroxy-ibuprofene	7012	51146-55-5	0,005	5	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Anti-inflammatoire (met)	Divers (autres organiques)	
Progesterone	5402	57-83-0	0,001	5	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Hormone	Stéroïdes et stéroïdes (oestrogènes, progestogènes)	
Industriel	Fluoranthene	1191	206-44-0	0,001	1	Martinique	Résidus distillation goudron	HAP (Hydrocarbures, aromatiques, polycyclique, pyrolytique et dérivés)
	Perfluoroheptanoic acid (PFHpA)	5977	375-85-9	0,001	4	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion	Multiple	PFC (PFOA, PFOS)
	Perfluorooctane sulfonate (PFOS)	6560	1763-23-1	0,001	4	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion	Multiple	PFC (PFOA, PFOS)
	Perfluorooctanoic acid (PFOA)	5347	335-67-1	0,001	4	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion	Multiple	PFC (PFOA, PFOS)
	Benzylbutylphthalate (BBP)	1924	85-68-7	0,01	4	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Mayotte	Plastifiant	Phtalates
	Pentachlorophenol	1235	87-86-5	0,003	5	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Fongicide	Autres phénols
	Bisphenol A	2766	80-05-7	0,001	5	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Plastifiant	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A
Di-n-butylphthalate (DBP)	1462	84-74-2	0,02	5	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Plastifiant	Phtalates	
Personal care	Galaxolide	6618	1222-05-5	0,03	1	Martinique	Fragrance	Divers (autres organiques)
	Triclosan	5430	3380-34-5	0,001	5	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Antibactérien et antifongique	Autres phénols
	Caffeine	6519	58-08-2	0,001	5	Guadeloupe;Guyane;Martinique;Réunion;Mayotte	Diurétique	Divers (autres organiques)

Annexe 7

Fréquences de quantification et statistiques descriptives des concentrations en molécules quantifiées au moins une fois dans les eaux souterraines des DOM lors de l'étude prospective 2012

	Molécules	Code SANDRE	Code CAS	LQ (µg/L)	Nb d'analyses totales	FQ (%)	Cmax	Cmoy	Ecart-type	Médiane	1er quartile	3ème quartile	MEC 95
phytosanitaires	Imidaclopride	1877	138261-41-3	0,0001	80	38,8	0,08870	0,00184	0,01033	0,00005	0,00005	0,00020	0,00208
	Atrazine	1107	1912-24-9	0,001	80	37,5	0,42000	0,01488	0,05615	0,00050	0,00050	0,00400	0,16320
	asulame	1965	3337-71-1	0,001	80	21,3	0,27674	0,00912	0,03610	0,00050	0,00050	0,00050	0,04250
	6-deisopropyl atrazine (=DIA)	1109	1007-28-9	0,001	80	20,0	0,02100	0,00189	0,00430	0,00050	0,00050	0,00050	0,01140
	Deethylatrazine	1108	6190-65-4	0,005	80	16,3	0,16000	0,01142	0,03048	0,00250	0,00250	0,00250	0,13000
	Diuron	1177	330-54-1	0,003	80	16,3	0,25800	0,00634	0,02875	0,00150	0,00150	0,00150	0,02800
	Carbendazim	1129	10605-21-7	0,001	80	15,0	0,02700	0,00087	0,00304	0,00050	0,00050	0,00050	0,00510
	Azoxystrobine	1951	131860-33-8	0,0005	80	12,5	0,00332	0,00027	0,00048	0,00025	0,00025	0,00025	0,00150
	Hexazinone	1673	51235-04-2	0,005	80	12,5	0,08000	0,00472	0,01146	0,00250	0,00250	0,00250	0,02000
	Metazachlor	1670	67129-08-2	0,0005	80	8,8	0,00522	0,00023	0,00056	0,00025	0,00025	0,00025	0,00088
	Piperonyl butoxide	1709	51-03-6	0,001	80	8,8	0,02200	0,00085	0,00271	0,00050	0,00050	0,00050	0,00779
	Chlorpyrifos-methyl	1540	5598-13-0	0,0001	79	7,6	0,00323	0,00014	0,00047	0,00005	0,00005	0,00005	0,00118
	Bromacil	1686	314-40-9	0,005	80	7,5	2,89000	0,06116	0,33979	0,00250	0,00250	0,00250	0,02000
	Propiconazole	1257	60207-90-1	0,001	80	7,5	0,42200	0,01347	0,06716	0,00050	0,00050	0,00050	0,00418
	Fipronil	2009	120068-37-3	0,0005	79	5,1	0,00491	0,00022	0,00054	0,00025	0,00025	0,00025	0,00103
	Metolachlor ESA (metalachlor ethylsulphonic acid)	6854	171118-09-5	0,005	80	5,0	0,03070	0,00208	0,00398	0,00250	0,00250	0,00250	0,00250
	N,N-dimethyl-N'-p-tolylsulfamide (DMST)	6824	66840-71-9	0,001	80	5,0	0,00210	0,00032	0,00027	0,00050	0,00050	0,00050	0,00139
	Diazinon	1157	333-41-5	0,0005	79	3,8	0,00525	0,00025	0,00067	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025
	Aminotriazole	1105	61-82-5	0,002	80	3,8	0,00871	0,00069	0,00098	0,00100	0,00100	0,00100	0,00100
	Metolachlor	1221	51218-45-2	0,005	80	3,8	0,02200	0,00162	0,00220	0,00250	0,00250	0,00250	0,00250
	Terbutryn	1269	886-50-0	0,001	80	3,8	0,05440	0,00115	0,00609	0,00050	0,00050	0,00050	0,00620
	Malathion	1210	121-75-5	0,0001	79	2,5	0,00075	0,00004	0,00008	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
	Ametryne	1104	834-12-8	0,005	80	2,5	0,02000	0,00159	0,00209	0,00250	0,00250	0,00250	0,00250
	Dichlorvos	1170	62-73-7	0,001	80	2,5	0,00590	0,00035	0,00065	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050
	Diflufenican	1814	83164-33-4	0,003	80	2,5	0,00500	0,00086	0,00054	0,00150	0,00150	0,00150	0,00150
	Fenarimol	1185	60168-88-9	0,1	78	1,3	0,12120	0,02623	0,00796	0,05000	0,05000	0,05000	0,05000
	Difenoconazole	1905	119446-68-3	0,001	79	1,3	0,01056	0,00038	0,00112	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050
	Fipronil sulfone	6260	120068-36-2	0,005	79	1,3	0,02517	0,00155	0,00252	0,00250	0,00250	0,00250	0,00250
	Alachlor	1101	15972-60-8	0,001	80	1,3	0,00340	0,00029	0,00032	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050
	Alachlor ESA	6800	142363-53-9	0,001	80	1,3	0,00790	0,00035	0,00082	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050
	Aminomethylphosphonic acid (AMPA)	2083	1066-51-9	0,05	80	1,3	0,09697	0,01356	0,00795	0,02500	0,02500	0,02500	0,02500
	Chlortoluron	1136	15545-48-9	0,001	80	1,3	0,00098	0,00026	0,00005	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050
Dimetachlor	2546	50563-36-5	0,005	80	1,3	0,01117	0,00137	0,00096	0,00250	0,00250	0,00250	0,00250	
Hexaconazole	1405	79983-71-4	0,005	80	1,3	0,01000	0,00136	0,00083	0,00250	0,00250	0,00250	0,00250	
Imazalil	1704	35554-44-0	0,005	80	1,3	0,01000	0,00136	0,00083	0,00250	0,00250	0,00250	0,00250	
Linuron	1209	330-55-2	0,001	80	1,3	0,00202	0,00027	0,00017	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	
Phoxime	1665	14816-18-3	0,001	80	1,3	0,00800	0,00035	0,00083	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	
Tebuconazole	1694	107534-96-3	0,005	80	1,3	0,06000	0,00198	0,00635	0,00250	0,00250	0,00250	0,00250	
Triadimenol	1280	55219-65-3	0,001	80	1,3	0,00372	0,00029	0,00036	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	

	Molécules	Code SANDRE	Code CAS	LQ (µg/L)	Nb d'analyses totales	FQ (%)	Cmax	Cmoy	Ecart-type	Médiane	1er quartile	3ème quartile	MEC 95
pharmaceutiques	Acetylsalicylic acid	6735	50-78-2	0,01	79	100,0	0,43553	0,04982	0,05683	0,03404	0,02088	0,05424	0,16304
	Carbamazepine	5296	298-46-4	0,0005	80	52,5	0,02220	0,00134	0,00338	0,00052	0,00025	0,00081	0,00581
	Ibuprofen	5350	15687-27-1	0,001	80	41,3	0,03640	0,00161	0,00411	0,00050	0,00050	0,00182	0,00580
	Progesterone	5402	57-83-0	0,001	80	36,3	0,04115	0,00306	0,00761	0,00050	0,00050	0,00182	0,03200
	Acetaminophen (paracetamol)	5354	103-90-2	0,009	80	30,0	0,14880	0,01239	0,02585	0,00450	0,00450	0,01046	0,12320
	2-hydroxy-ibuprofene	7012	51146-55-5	0,005	79	25,3	0,08564	0,00568	0,01367	0,00250	0,00250	0,00368	0,03004
	Diclofenac	5349	15307-86-5	0,002	80	21,3	0,12000	0,00438	0,01479	0,00100	0,00100	0,00100	0,03000
	4-androstenedione	5385	63-05-8	0,001	80	18,8	0,02100	0,00127	0,00296	0,00050	0,00050	0,00050	0,00800
	Ketoprofen	5353	22071-15-4	0,001	79	15,2	0,00370	0,00056	0,00073	0,00050	0,00050	0,00050	0,00337
	Ofloxacin	6533	82419-36-1	0,005	80	11,3	0,20400	0,00768	0,02999	0,00250	0,00250	0,00250	0,04400
	Testosterone	5384	58-22-0	0,001	80	11,3	0,02100	0,00106	0,00332	0,00050	0,00050	0,00050	0,00800
	Bezafibrate	5366	41859-67-0	0,001	80	10,0	0,00456	0,00046	0,00069	0,00050	0,00050	0,00050	0,00318
	Drospirenone	6757	67392-87-4	0,001	80	8,8	0,01962	0,00083	0,00252	0,00050	0,00050	0,00050	0,00832
	Norethindrone	5400	68-22-4	0,003	80	8,8	0,03500	0,00198	0,00481	0,00150	0,00150	0,00150	0,01695
	Estrone	5396	53-16-7	0,005	80	6,3	0,09000	0,00419	0,01240	0,00250	0,00250	0,00250	0,03470
	Sulfamethoxazole	5356	723-46-6	0,002	80	6,3	0,03540	0,00102	0,00380	0,00100	0,00100	0,00100	0,00244
	Levonorgestrel	6770	797-63-7	0,001	80	5,0	0,05060	0,00098	0,00554	0,00050	0,00050	0,00050	0,00292
	Trimethoprim	5357	738-70-5	0,001	80	5,0	0,00224	0,00032	0,00026	0,00050	0,00050	0,00050	0,00147
	Metformine	6755	657-24-9	0,005	79	3,8	0,16596	0,00491	0,02051	0,00250	0,00250	0,00250	0,04727
	Sotalol	5424	3930-20-9	0,001	79	3,8	0,00393	0,00035	0,00049	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050
Atenolol	5361	29122-68-7	0,001	80	3,8	0,00734	0,00042	0,00090	0,00050	0,00050	0,00050	0,00294	
Ethinylestradiol	2629	57-63-6	0,01	80	3,8	0,02200	0,00299	0,00220	0,00500	0,00500	0,00500	0,01082	
Norfloxacine	6761	70458-96-7	0,005	80	3,8	0,03896	0,00222	0,00506	0,00250	0,00250	0,00250	0,01344	
17-beta-Estradiol	5397	50-28-2	0,001	80	2,5	0,00234	0,00029	0,00022	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	
Sulfamethazine	6525	57-68-1	0,002	80	2,5	0,00444	0,00058	0,00044	0,00100	0,00100	0,00100	0,00100	
Ciprofloxacine	6540	85721-33-1	0,007	80	1,3	0,01000	0,00185	0,00072	0,00350	0,00350	0,00350	0,00350	
Metronidazole	6731	443-48-1	0,005	80	1,3	0,00500	0,00130	0,00028	0,00250	0,00250	0,00250	0,00250	
domestiques	Caffeine	6519	58-08-2	0,001	80	91,3	1,24000	0,09754	0,24140	0,01852	0,00705	0,04190	1,00000
	Triclosan	5430	3380-34-5	0,001	79	32,9	0,03247	0,00175	0,00454	0,00050	0,00050	0,00169	0,00789
	Galaxolide	6618	1222-05-5	0,03	80	1,3	0,03000	0,00778	0,00166	0,01500	0,01500	0,01500	0,01500
industrielles	Bisphenol A	2766	80-05-7	0,001	80	96,3	7,40000	0,32449	0,93278	0,02700	0,01571	0,15750	1,32800
	Di-n-butylphthalate (DBP)	1462	84-74-2	0,02	80	81,3	1,74662	0,16274	0,32331	0,03647	0,02136	0,12114	1,25027
	Pentachlorophenol	1235	87-86-5	0,003	80	53,8	0,41800	0,03072	0,06962	0,00340	0,00150	0,01667	0,20500
	Perfluorooctane sulfonate (PFOS)	6560	1763-23-1	0,001	80	23,8	0,07776	0,00460	0,01479	0,00050	0,00050	0,00050	0,05226
	Perfluorooctanoic acid (PFOA)	5347	335-67-1	0,001	80	22,5	0,01476	0,00126	0,00274	0,00050	0,00050	0,00050	0,01036
	Benzylbutylphthalate (BBP)	1924	85-68-7	0,01	80	18,8	0,50571	0,03230	0,10292	0,00500	0,00500	0,00500	0,45656
	Perfluoroheptanoic acid (PFHpA)	5977	375-85-9	0,001	80	18,8	0,08602	0,00336	0,01336	0,00050	0,00050	0,00050	0,00864
Fluoranthene	1191	206-44-0	0,001	78	1,3	0,00700	0,00034	0,00073	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	

Annexe 8

Comparaison des fréquences de quantification des molécules quantifiées dans les eaux souterraines par DOM

Molécules	Code SANDRE	Code CAS	Famille d'usage	LQ (µg/L)	FQ (%)					Nombre d'analyses totales				
					Gua	Guy	Mar	May	Réu	Gua	Guy	Mar	May	Réu
Asulame*	1965	3337-71-1	Phytosanitaire	0,001	55 [§]	0 [¥]	17 [¥]	0 [¥]	19 [¥]	20	20	18	6	16
Imidaclopride*	1877	138261-41-3	Phytosanitaire	0,0001	45	10 [¥]	33	83 [§]	56	20	20	18	6	16
6-deisopropyl atrazine (=DIA)*	1109	1007-28-9	Phytosanitaire	0,001	40 [§]	0 [¥]	28	33	6	20	20	18	6	16
Atrazine	1107	1912-24-9	Phytosanitaire	0,001	35	40	33	17	50	20	20	18	6	16
Azoxystrobine	1951	131860-33-8	Phytosanitaire	0,0005	30	5	17	0	0	20	20	18	6	16
Deethylatrazine*	1108	6190-65-4	Phytosanitaire	0,005	30 [§]	0 [¥]	0 [¥]	0	44 [§]	20	20	18	6	16
Carbendazim*	1129	10605-21-7	Phytosanitaire	0,001	25 [¥]	5 [¥]	11 [¥]	67 [§]	0 [¥]	20	20	18	6	16
Hexazinone*	1673	51235-04-2	Phytosanitaire	0,005	20	0 [¥]	33 [§]	0 [¥]	0 [¥]	20	20	18	6	16
Metazachlor	1670	67129-08-2	Phytosanitaire	0,0005	15	5	6	33	0	20	20	18	6	16
Diuron*	1177	330-54-1	Phytosanitaire	0,003	10 [¥]	10 [¥]	44 [§]	0	6 [¥]	20	20	18	6	16
Piperonyl butoxide	1709	51-03-6	Phytosanitaire	0,001	10	5	17	17	0	20	20	18	6	16
Terbutryn	1269	886-50-0	Phytosanitaire	0,001	5	5	0	17	0	20	20	18	6	16
Diflufenican	1814	83164-33-4	Phytosanitaire	0,003	5	0	6	0	0	20	20	18	6	16
Phoxime	1665	14816-18-3	Phytosanitaire	0,001	5	0	0	0	0	20	20	18	6	16
Chlorpyrifos-methyl	1540	5598-13-0	Phytosanitaire	0,0001	0	15	17	0	0	19	20	18	6	16
Aminotriazole	1105	61-82-5	Phytosanitaire	0,002	0	15	0	0	0	20	20	18	6	16
Propiconazole	1257	60207-90-1	Phytosanitaire	0,001	0	10	22	0	0	20	20	18	6	16
Fipronil	2009	120068-37-3	Phytosanitaire	0,0005	0	10	11	0	0	19	20	18	6	16
N,N-dimethyl-N'-p-tolylsulfamide (DMST)*	6824	66840-71-9	Phytosanitaire	0,001	0 [¥]	10	0 [¥]	33 [§]	0 [¥]	20	20	18	6	16
Dichlorvos	1170	62-73-7	Phytosanitaire	0,001	0	10	0	0	0	20	20	18	6	16
Bromacil	1686	314-40-9	Phytosanitaire	0,005	0	5	22	0	6	20	20	18	6	16
Alachlor	1101	15972-60-8	Phytosanitaire	0,001	0	5	0	0	0	20	20	18	6	16
Alachlor ESA	6800	142363-53-9	Phytosanitaire	0,001	0	5	0	0	0	20	20	18	6	16
Dimetachlor	2546	50563-36-5	Phytosanitaire	0,005	0	5	0	0	0	20	20	18	6	16
Fipronil sulfone	6260	120068-36-2	Phytosanitaire	0,005	0	5	0	0	0	19	20	18	6	16
Hexaconazole	1405	79983-71-4	Phytosanitaire	0,005	0	5	0	0	0	20	20	18	6	16
Linuron	1209	330-55-2	Phytosanitaire	0,001	0	5	0	0	0	20	20	18	6	16
Tebuconazole	1694	107534-96-3	Phytosanitaire	0,005	0	5	0	0	0	20	20	18	6	16
Metolachlor ESA (metalachlor ethylsulphonic acid)*	6854	171118-09-5	Phytosanitaire	0,005	0 [¥]	0 [¥]	22 [§]	0	0 [¥]	20	20	18	6	16
Diazinon	1157	333-41-5	Phytosanitaire	0,0005	0	0	17	0	0	19	20	18	6	16
Metolachlor	1221	51218-45-2	Phytosanitaire	0,005	0	0	17	0	0	20	20	18	6	16
Ametryne	1104	834-12-8	Phytosanitaire	0,005	0	0	11	0	0	20	20	18	6	16
Malathion	1210	121-75-5	Phytosanitaire	0,0001	0	0	6	17	0	19	20	18	6	16
Aminomethylphosphonic acid (AMPA)	2083	1066-51-9	Phytosanitaire	0,05	0	0	6	0	0	20	20	18	6	16
Chlortoluron	1136	15545-48-9	Phytosanitaire	0,001	0	0	6	0	0	20	20	18	6	16
Difenoconazole	1905	119446-68-3	Phytosanitaire	0,001	0	0	6	0	0	19	20	18	6	16
Imazalil	1704	35554-44-0	Phytosanitaire	0,005	0	0	6	0	0	20	20	18	6	16
Triadimenol	1280	55219-65-3	Phytosanitaire	0,001	0	0	6	0	0	20	20	18	6	16
Fenarimol	1185	60168-88-9	Phytosanitaire	0,1	0	0	0	17	0	19	20	17	6	16

Molécules	Code SANDRE	Code CAS	Famille d'usage	LQ (µg/L)	FQ (%)					Nombre d'analyses totales				
					Gua	Guy	Mar	May	Réu	Gua	Guy	Mar	May	Réu
Acetylsalicylic acid	6735	50-78-2	Pharmaceutique	0,01	100	100	100	100	100	20	20	18	6	15
Ibuprofen*	5350	15687-27-1	Pharmaceutique	0,001	65 [§]	30	61	33	6 [¥]	20	20	18	6	16
Carbamazepine	5296	298-46-4	Pharmaceutique	0,0005	40	50	50	50	75	20	20	18	6	16
Diclofenac*	5349	15307-86-5	Pharmaceutique	0,002	35	0 [¥]	44 [§]	33	0	20	20	18	6	16
4-androstenedione*	5385	63-05-8	Pharmaceutique	0,001	35 [§]	0 [¥]	28	33	6	20	20	18	6	16
Acetaminophen (paracetamol)*	5354	103-90-2	Pharmaceutique	0,009	30 [¥]	30 [¥]	22 [¥]	100 [§]	13 [¥]	20	20	18	6	16
Progesterone	5402	57-83-0	Pharmaceutique	0,001	25	40	50	17	38	20	20	18	6	16
2-hydroxy-ibuprofene	7012	51146-55-5	Pharmaceutique	0,005	20	30	28	17	27	20	20	18	6	15
Testosterone	5384	58-22-0	Pharmaceutique	0,001	20	0	28	0	0	20	20	18	6	16
Drospirenone	6757	67392-87-4	Pharmaceutique	0,001	20	0	0	17	13	20	20	18	6	16
Norethindrone	5400	68-22-4	Pharmaceutique	0,003	15	0	22	0	0	20	20	18	6	16
Ketoprofen	5353	22071-15-4	Pharmaceutique	0,001	10	20	17	33	7	20	20	18	6	15
Ofloxacin*	6533	82419-36-1	Pharmaceutique	0,005	10	0 [¥]	11	50 [§]	13	20	20	18	6	16
Bezafibrate*	5366	41859-67-0	Pharmaceutique	0,001	10 [¥]	0 [¥]	6 [¥]	83 [§]	0 [¥]	20	20	18	6	16
Metformine	6755	657-24-9	Pharmaceutique	0,005	5	5	0	0	7	20	20	18	6	15
Estrone*	5396	53-16-7	Pharmaceutique	0,005	5	0 [¥]	22 [§]	0	0	20	20	18	6	16
Levonorgestrel	6770	797-63-7	Pharmaceutique	0,001	5	0	0	0	19	20	20	18	6	16
Ethinylestradiol	2629	57-63-6	Pharmaceutique	0,01	0	10	0	0	6	20	20	18	6	16
17-beta-Estradiol	5397	50-28-2	Pharmaceutique	0,001	0	10	0	0	0	20	20	18	6	16
Sotalol	5424	3930-20-9	Pharmaceutique	0,001	0	5	11	0	0	20	20	18	6	15
Sulfamethoxazole	5356	723-46-6	Pharmaceutique	0,002	0	5	6	17	13	20	20	18	6	16
Trimethoprim*	5357	738-70-5	Pharmaceutique	0,001	0 [¥]	0 [¥]	11	33 [§]	0 [¥]	20	20	18	6	16
Norfloxacin*	6761	70458-96-7	Pharmaceutique	0,005	0 [¥]	0 [¥]	6 [¥]	33 [§]	0 [¥]	20	20	18	6	16
Atenolol*	5361	29122-68-7	Pharmaceutique	0,001	0 [¥]	0 [¥]	0 [¥]	50 [§]	0 [¥]	20	20	18	6	16
Sulfamethazine	6525	57-68-1	Pharmaceutique	0,002	0	0	0	17	6	20	20	18	6	16
Ciprofloxacin*	6540	85721-33-1	Pharmaceutique	0,007	0 [¥]	0 [¥]	0 [¥]	17 [§]	0 [¥]	20	20	18	6	16
Metronidazole*	6731	443-48-1	Pharmaceutique	0,005	0 [¥]	0 [¥]	0 [¥]	17 [§]	0 [¥]	20	20	18	6	16
Caffeine	6519	58-08-2	Personal care	0,001	95	85	100	67	94	20	20	18	6	16
Triclosan	5430	3380-34-5	Personal care	0,001	10	45	39	17	47	20	20	18	6	15
Galaxolide	6618	1222-05-5	Personal care	0,03	0	0	6	0	0	20	20	18	6	16
Bisphenol A*	2766	80-05-7	Industriel	0,001	100	90	100 [§]	100	94 [¥]	20	20	18	6	16
Di-n-butylphthalate (DBP)*	1462	84-74-2	Industriel	0,02	85	80 [§]	89 [§]	100 [§]	63 [¥]	20	20	18	6	16
Pentachlorophenol*	1235	87-86-5	Industriel	0,003	35 [¥]	45	89 [§]	83	38	20	20	18	6	16
Perfluorooctanoic acid (PFOA)	5347	335-67-1	Industriel	0,001	15	30	22	0	31	20	20	18	6	16
Perfluoroheptanoic acid (PFHpA)	5977	375-85-9	Industriel	0,001	10	30	22	0	19	20	20	18	6	16
Perfluorooctane sulfonate (PFOS)	6560	1763-23-1	Industriel	0,001	10	10	39	0	50	20	20	18	6	16
Benzylbutylphthalate (BBP)*	1924	85-68-7	Industriel	0,01	5 [¥]	15 [¥]	44 [§]	50 [§]	0 [¥]	20	20	18	6	16
Fluoranthene	1191	206-44-0	Industriel	0,001	0	0	6	0	0	19	20	17	6	16

[§] Concentrations significativement plus élevées et [¥] concentrations significativement plus faibles (P<0,05 ; test de Kruskal-Wallis avec niveau de signification corrigé de Bonferroni 0,005).

Onema
Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar

94300 Vincennes
01 45 14 36 00
www.onema.fr

BRGM
D3E/LAB/DAT
3 avenue Claude Guillemin
BP 36009
45060 Orléans Cedex 2
02 38 64 34 34
www.brgm.fr



**Centre scientifique et technique
D3E, LAB, DAT**

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34
www.brgm.fr