



Contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique relativ aux prescriptions de la Directive Cadre européenne sur l'Eau : campagne de saison sèche 2007

Rapport final

BRGM/RP-55812-FR
Décembre 2007



Contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique relatif aux prescriptions de la Directive Cadre européenne sur l'Eau : Campagne de saison sèche 2007

Rapport final

BRGM/RP-55812-FR
Décembre 2007

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2007 EAUD10

S. Ollagnier

Vérificateur :

Nom : A. Blum

Date : 12.2007

Original signé par

A. Blum

Approbateur :

Nom : JP. Comte

Date : 12.2007

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



Direction régionale de l'environnement
MARTINIQUE



ODE
Office Départemental de l'Eau
de la Martinique



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots clés: Réseau de surveillance, DCE, qualité, eau souterraine, physico-chimie, éléments majeurs, micropolluants minéraux, micropolluants organiques, produits phytosanitaires

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

Ollagnier. S., (2007) – Contrôle de surveillance de la qualité des eaux souterraines de la Martinique relatif aux prescriptions de la Directive Cadre européenne sur l'Eau : Campagne de saison sèche 2007. BRGM/RP-55812-FR. 70 p., 50 ill., 2 ann.

Synthèse

La campagne d'analyse de saison sèche 2007 (avril) a été menée dans le cadre du **réseau de surveillance qualitatif des eaux souterraines**. Ce réseau, dressé selon les exigences de la DCE (article 8 – 2000/60/CE), comporte 20 stations (3 sources et 17 forages et piézomètres). Afin de fournir l'état le plus exhaustif possible de la qualité des eaux souterraines, les analyses effectuées concernent un nombre de paramètres important : les paramètres physico-chimiques, teneurs en éléments majeurs, matières organiques, matières en suspension, paramètres de minéralisation et de salinité, composés azotés, micropolluants minéraux, produits phytosanitaires et composés organo-halogénés volatils.

Les éléments majeurs présentent des teneurs très stables depuis 2004, hormis les **nitrates** qui marquent une légère hausse des concentrations sur les masses d'eau Nord et Nord Atlantique. Toutes sont cependant inférieures au seuil de qualité de 50 mg/l (directive fille – 12 décembre 2006). Des **concentrations en chlorures supérieures à 100 mg/l** ont été détectées sur quelques stations des masses d'eau Centre, Sud et Nord Caraïbes et Sud Atlantique. **L'origine de ces importantes teneurs en chlorures pourrait être anthropique ou saline (eau de mer).**

Plusieurs stations de la masse d'eau Sud Caraïbes (communes du Diamant et des Trois Ilets) présentent des signes de pollution par des **matières organiques**. Cette pollution, cependant assez faible, pourrait provenir d'effluents domestiques ou agricoles.

Des éléments traces métalliques (**Antimoine, Cuivre et Arsenic**) ont été détectés en quantités importantes sur 4 stations du réseau, situées sur les masses d'eau Nord, Nord Caraïbes et Nord Atlantique (communes de St Pierre, Schoelcher, Basse Pointe et Marigot). **Les concentrations mesurées y sont supérieures aux valeurs guides** de la directive 98/83/CE et du décret français n°1220 du 20 décembre 2001. La définition, pour ces éléments, de valeurs seuils adaptées au contexte géologique de l'île s'avère cependant nécessaire pour caractériser leur origine.

Les concentrations en **produits phytosanitaires sont supérieures aux normes de qualité** (directive fille – 12 décembre 2006) sur la quasi-totalité du réseau. Des molécules très rémanentes (Chloredécone, béta HCH, etc.) sont présentes sur près de la moitié du réseau, de même que le Glyphosate (herbicide) et l'AMPA (métabolite de dégradation du glyphosate), deux molécules recherchées depuis 2006.

Les eaux souterraines de Martinique présentent donc un état chimique altéré par la présence de pesticides (75 % des stations du réseau) et de micropolluants minéraux (20 % des stations du réseau). Les concentrations en nitrates sont toutes inférieures au seuil de qualité de 50 mg/l mais devront être surveillées en raison de la tendance à la hausse observée depuis 2004 sur quelques stations de la moitié Nord de l'île. **Les teneurs en chlorures devront être surveillées compte tenu des fortes concentrations rencontrées dans le Sud de l'île.**

Sommaire

1. Introduction	9
2. Méthodologie du contrôle de surveillance.....	11
2.1. LE RESEAU DE SURVEILLANCE	12
2.2. PARAMETRES ANALYSES	14
3. Résultats et interprétations	17
3.1. PHYSICO-CHIMIE IN SITU.....	17
3.1.1. Température	17
3.1.2. Conductivité	18
3.1.3. pH.....	19
3.1.4. Oxygène dissous	19
3.2. ELEMENTS MAJEURS.....	21
3.2.1. Contrôle de la cohérence des analyses	21
Chlorures (Cl ⁻).....	23
3.2.2.23	
3.2.3. Bicarbonates (HCO ₃ ⁻).....	26
3.2.4. Sulfates (SO ₄ ²⁻).....	27
3.2.5. Calcium (Ca ²⁺).....	29
3.2.6. Magnésium (Mg ²⁺)	30
3.2.7. Sodium (Na ⁺)	31
3.2.8. Potassium (K ⁺).....	32
3.3. MATIERES ORGANIQUES OXYDABLES	33
3.3.1. Oxydabilité au permanganate à chaud en milieu acide	33
3.3.2. Carbone organique dissous (COD).....	35
3.4. MATIERES EN SUSPENSION – FER ET MANGANESE	36
3.5. MINERALISATION ET SALINITE	37
3.5.1. Dureté totale	37
3.5.2. Silicates (SiO ₂).....	38
3.5.3. Fluorures (F ⁻)	38
3.6. COMPOSES AZOTES.....	39

3.6.1. Nitrates (NO ₃).....	39
3.6.2. Ammonium (NH ₄ ⁺)	43
3.7. MICROPOLLUANTS MINERAUX	44
3.8. PRODUITS PHYTOSANITAIRES	46
3.9. COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS	64
4. Synthèse des résultats au titre de la DCE	65
4.1. METHODOLOGIE ADOPTEE	65
4.2. ETAT DES MASSES D'EAU SELON LES PRESCRIPTIONS DE LA DCE.....	65
5. Conclusion.....	69
6. Bibliographie	71

Liste des illustrations

Illustration 1 : Récapitulatif des campagnes de prélèvements réalisées antérieurement	9
Illustration 2 : Liste des sites du réseau de surveillance.....	12
Illustration 3 : Localisation géographique des ouvrages du réseau de surveillance en saison sèche 2007 et des masses d'eau souterraine de Martinique	13
Illustration 4 : Catégories de paramètres analysés lors de l'analyse photographique	14
Illustration 5 : Matériel d'échantillonage pour un site – Saison sèche 2007	15
Illustration 6 : Températures relevées in situ lors de la campagne de saison sèche 2007	17
Illustration 7 : Conductivités mesurées in situ lors de la campagne de saison sèche 2007.....	18
Illustration 8 : pH mesurés in situ lors de la campagne de saison sèche 2007.....	19
Illustration 9 : <i>Teneurs en oxygène dissous mesurées in situ lors de la campagne de saison sèche 2007.....</i>	20
Illustration 10 : Représentation des balances ioniques calculées	22
Illustration 11 : Répartition des teneurs en chlorures des stations analysées en saison sèche 2007	24
Illustration 12 : Histogramme des concentrations en chlorures mesurées en saison sèche 2007	25
Illustration 13 : Histogramme des concentrations en bicarbonates mesurées en saison sèche 2007	26

Illustration 14 : Histogramme des concentrations en sulfates mesurées en saison sèche 2007	27
Illustration 15 : Histogramme des concentrations en calcium mesurées en saison sèche 2007	29
<i>Illustration 16 : Histogramme des concentrations en magnésium mesurées en saison sèche 2007</i>	30
Illustration : Histogramme des concentrations en sodium mesurées en saison sèche 2007	31
Illustration 17 : Histogramme des concentrations en potassium mesurées en saison sèche 2007	32
Illustration 18 : Oxydabilité des eaux du réseau mesurées en saison sèche 2007	33
Illustration 19 : Histogramme des teneurs en Carbone Organique Dissous mesurées en saison sèche 2007	35
<i>Illustration 20 : Tableau récapitulatif des plus fortes concentrations en fer et manganèse mesurées en saison sèche 2007.....</i>	36
Illustration 21 : Classification des eaux selon leur dureté	37
Illustration 22 : Histogramme des duretés mesurées sur le réseau de surveillance en saison sèche 2007	37
Illustration 23 : Histogramme des concentrations en silice mesurées en saison sèche 2007	38
Illustration 24 : Histogramme des concentrations en nitrates mesurées en saison sèche 2007	39
Illustration 25 : Evolution à la hausse des teneurs en nitrates sur 3 sites	40
Illustration 26 : Diagramme Nitrates versus Chlorures (mg/l) d'après les mesures effectuées en saison sèche 2007	41
<i>Illustration 27 : Carte des teneurs en nitrates mesurées en saison sèche 2007</i>	42
Illustration 28 : Concentrations en ammonium mesurées lors de la campagnes de saison sèche 2007	43
Illustration 29 : Tableau de synthèse des micropolluants minéraux recherchés	44
Illustration 30 : Carte de synthèse des métaux lourds retrouvés dans les eaux souterraines	45
Illustration 31 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Basse Pointe – Chalvet.....	47
Illustration 32 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Basse Pointe – Source Socco Gradis.....	48
Illustration 33 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Macouba – Source Grande Plage	49
Illustration 34 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Marigot – Anse Charpentier	50
Illustration 35 : produits phytosanitaires detectés sur le site du Lorrain – Fond Brûlé	51
Illustration 36 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Gros Morne – La Borelli	52

Illustration 37 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Trinité – Source Morne Figue	53
Illustration 38 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de St Pierre - CDST.....	54
Illustration 39 : Produits phytosanitaires détectés sur le site du Prêcheur – Rivière du Prêcheur	55
Illustration 40 : Produits phytopsanitaires détectés sur le site de Basse Pointe – Rivière Falaise.....	56
Illustration 41 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Gros Morne – Vert Pré	57
Illustration 42 : Produits phytosanitaires détectés sur le site du Marin – Grand Fond	58
Illustration 43 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Rivière Pilote – Fougainville.....	59
Illustration 44 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Trois Ilets - Vatable	60
Illustration 45 : Produits phytosanitaires détectés sur le site du Diamant - Dizac	61
Illustration 46 : Carte récapitulative des pesticides détectés sur le réseau de surveillance en saison sèche 2007	62
Illustration 47 : Molécules détectées et nombre de détections sur le réseau	63
Illustration 48 : Liste des micropolluants organiques recherchés sur le réseau de surveillance.....	64
Illustration 49 : Carte récapitulative de l'état patrimonial de la ressource en eau souterraine en saison sèche 2007	66
Illustration 50 : Etat qualitatif des eaux souterraines de Martinique en saison sèche 2007 - Référence à l'illustration 50 (codes de couleurs identiques)	67

Liste des annexes

Annexe 1 Paramètres analysés	73
Annexe 2 Tableaux récapitulatifs des résultats d'analyses.....	79

1. Introduction

L'article 8 de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000 (2000/60/CE) imposait aux Etats membres d'établir, avant fin 2006, « des programmes de surveillance de l'état des eaux afin de dresser un tableau cohérent et complet de l'état des eaux au sein de chaque district hydrographique ». Dans ce cadre, et à cette échéance, un réseau de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines a été dressé pour la Martinique par la DIREN (Cf. Rapport BRGM RP-55098-FR). Comme stipulé par l'annexe V de la DCE, celui-ci comprend deux niveaux de contrôle : un contrôle de surveillance et un contrôle opérationnel.

La présente étude s'inscrit dans le cadre du contrôle de surveillance. L'objectif est de fournir « une image cohérente et globale de l'état chimique des eaux souterraines de chaque district hydrographique ». A terme, cette démarche devra « permettre de détecter la présence de tendances à la hausse à long terme de la pollution induite par l'activité anthropogénique ».

La campagne de prélèvement a été effectuée au cours de la saison sèche 2007 (avril 2007). Cette campagne fait suite aux 5 campagnes d'analyses effectuées depuis 2004 (Cf. illustration 1).

Date de prélèvements	Nombre total de stations prélevées	Nombre de molécules phytosanitaires recherchées	N° de rapports correspondant
Saison sèche 2004 (janv-mars 04)	34	5	Rapport BRGM/RP-52997-FR
Saison des pluies 2004 (oct-nov 04)	34	111	Rapport BRGM/RP-52997-FR
Saison des pluies 2005 (nov-janv 06)	35	120	Rapport BRGM/RP-54717-FR
Saison sèche 2006 (avr-mai 06)	34	120	Rapport BRGM/RP-54909-FR
Saison des pluies 2006 (oct-nov 06)	34	129	Rapport BRGM/RP-55499-FR

Illustration 1 : Récapitulatif des campagnes de prélèvements réalisées antérieurement

Les analyses effectuées lors de la campagne de saison sèche 2007 sont très exhaustives. Ce rapport met ainsi en évidence les traits majeurs des analyses et les sites nécessitant une surveillance approfondie. **A ce jour, les normes de qualité à employer dans le cadre de la DCE pour caractériser les analyses ne sont pas définies pour tous les paramètres.** L'interprétation des données a donc été effectuée à l'aide des seuils provisoires retenus au niveau national pour la définition de l'état chimique des eaux souterraines, mais aussi des seuils définis dans la directive 98/83/CE et dans le décret français n°1220 du 20 décembre 2001. L'outil SEQ Eaux souterraines a également été exploité à la demande de la DIREN.

2. Méthodologie du contrôle de surveillance

Conformément aux exigences de la Directive Cadre Européenne sur l'eau 2000/60/CE (article 8), les Etats Membres devaient mettre en place des réseaux de surveillance de l'état des masses d'eau avant le 22 décembre 2006.

La DIREN Martinique s'est chargée de leur mise en place au niveau local. Le réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines mis en place depuis 2004 a ainsi évolué afin de répondre aux prescriptions de la directive cadre sur l'eau reportées dans les guides nationaux et européens. Les résultats de cette étude sont présentés dans le rapport « Définition des réseaux de suivi de l'état quantitatif et du contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique, conforme aux prescriptions de la Directive Cadre sur l'Eau. BRGM/RP-55098-FR. ».

Le contrôle de surveillance doit comprendre :

- ⇒ une analyse de **type « photographique »** réalisée tous les **6 ans** (au début de chaque nouveau programme de mesure) : elle s'applique à une liste complète de paramètres et permet de disposer régulièrement d'un état complet de la masse d'eau. Les paramètres retenus pour cette analyse sont ceux listés dans l'annexe 1,
- ⇒ **deux analyses réalisées chaque année** (un prélèvement en période de hautes eaux et un en période de basses eaux) **mais sur un nombre plus restreint de paramètres. Ces fréquences sont données titre de valeurs minimales.**

Les analyses réalisées en 2007 entrent dans le cadre de l'analyse de type photographique. Cette analyse de type photographique est réalisée en saison sèche 2007, et sera également reproduite en saison des pluies 2007.

Le réseau de surveillance et les paramètres surveillés sont présentés ci après (Cf. illustration 2).

2.1. LE RESEAU DE SURVEILLANCE

L'illustration 2 indique les caractéristiques géographiques et typologiques des stations du réseau de surveillance des eaux souterraines. Sur 20 stations du réseau, 19 ont fait l'objet de prélèvements. Le prélèvement prévu dans le forage de Fond Canal situé sur la commune du Carbet n'a pu être exécuté pour des raisons d'accessibilité du site (pompe et appareillage en place). Par ailleurs, les stations N4 et NA5 ont été prélevées dans l'attente de la définition du réseau de contrôle opérationnel.

La méthodologie de définition du réseau est présentée dans le cadre du rapport « Définition des réseaux de suivi de l'état quantitatif et du contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique, conforme aux prescriptions de la Directive Cadre sur l'Eau. BRGM/RP-55098-FR ».

Par soucis de lisibilité, des indices de terrain ont été attribués à chaque station. Ces indices sont constitués d'une lettre en référence à la masse d'eau (N pour la masse d'eau Nord, C pour la masse d'eau Centre, NC pour la masse d'eau Nord Caraïbes, etc.) et d'un numéro.

Masses d'eau	Indices terrain	Indice BSS	Commune	Lieu-dit	Typologie du point
Nord	N1	1166ZZ0026	Basse Pointe	Chalvet	Piézomètre BRGM
	N2	1166ZZ0019	Basse Pointe	Source Socco Gradis	Source
	N3	1166ZZ0023	Macouba	Source Nord Plage	Source
	N4	1168ZZ0054	Ajoupa-Bouillon	Chez Lélène	Piézomètre BRGM
Nord Atlantique	NA1	1169ZZ0006	Marigot	Anse Charpentier	Piézomètre BRGM
	NA2	1169ZZ0084	Le Lorrain	Fond Brûlé	Piézomètre BRGM
	NA3	1174ZZ0088	Gros Morne	La Borelli	Piézomètre BRGM
	NA4	1175ZZ0153	Trinité	Source Morne Figue	Source
Nord Caraïbes	NC1	1167ZZ0045	St Pierre	CDST	Piézomètre BRGM
	NC2	1177ZZ0161	Schoelcher	Fond Lahaye	Piézomètre BRGM
	NC3	1167ZZ0024	Prêcheur	Rivière du Prêcheur	Piézomètre BRGM
	NC4	-	Le Carbet	Fond Canal	Forage
Centre	C1	1175ZZ0106	Vert pré	Usine Yoplait	Forage industriel
	C2	1179ZZ0070	Lamentin	Habitation Ressource	Forage CACEM
	C3	1182ZZ0160	Rivière salée	Nouvelle cité	Forage DDAF
Sud Atlantique	SA1	1186ZZ0118	Le Marin	Grand Fond	Forage agricole
	SA2	1179ZZ0228	Le François	Habitation Victoire	Forage agricole
Sud Caraïbes	SC1	1183ZZ0052	Rivière Pilote	Fougainville	Piézomètre BRGM
	SC2	1181ZZ0132	Trois Ilets	Vatable	Piézomètre BRGM
	SC3	1184ZZ0001	Diamant	Dizac	Piézomètre BRGM

Illustration 2 : Liste des sites du réseau de surveillance

L'illustration 3 ci après présente la localisation géographique des stations prélevées et leur typologie.

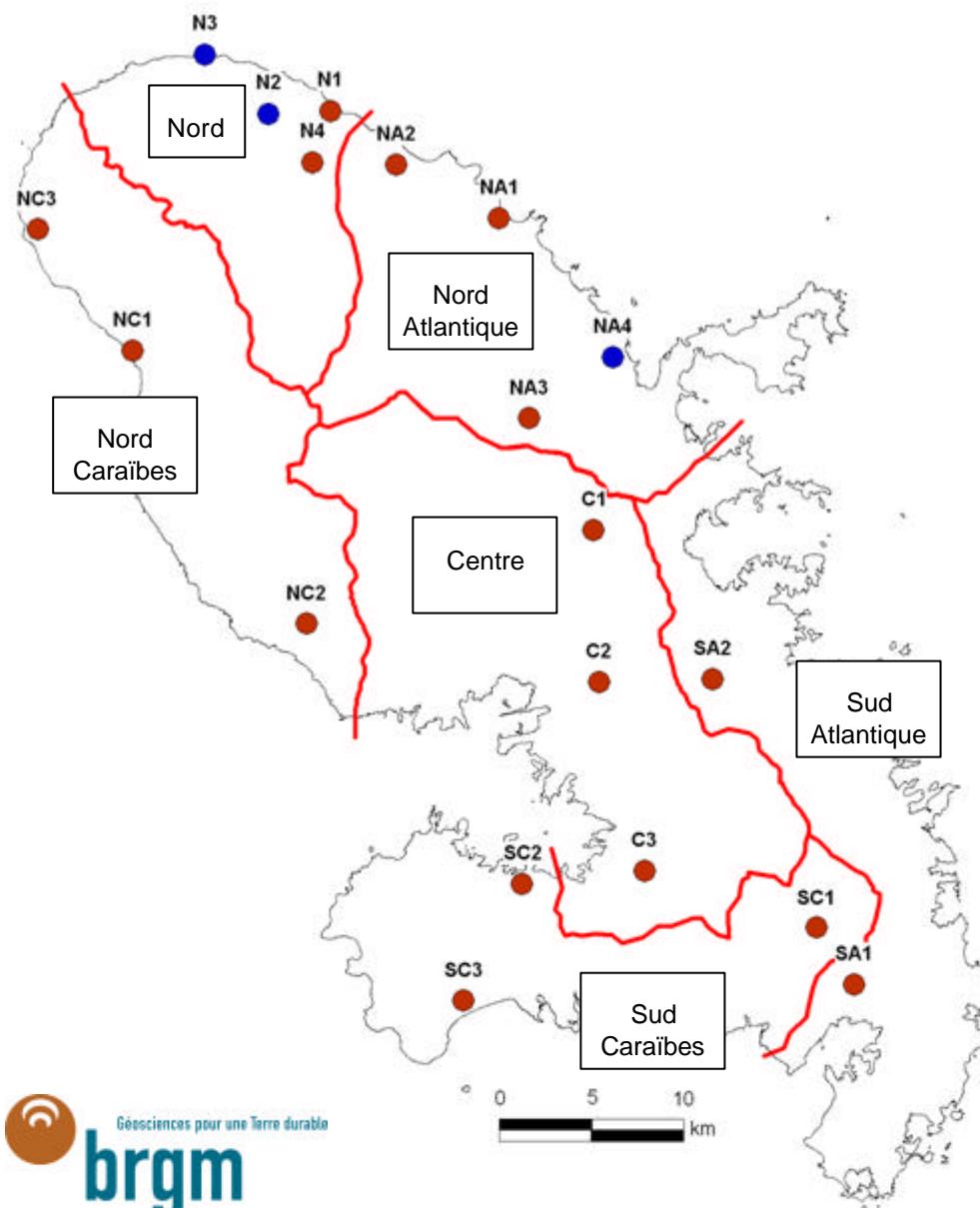


Illustration 3 : Localisation géographique des ouvrages du réseau de surveillance en saison sèche 2007 et des masses d'eau souterraine de Martinique

2.2. PARAMETRES ANALYSES

Les campagnes de contrôle de surveillance débutent en 2007 par une analyse de type « photographique ». Les catégories de paramètres analysés sont détaillées ci-dessous. La liste exhaustive des paramètres et éléments analysés est disponible en annexe 1.

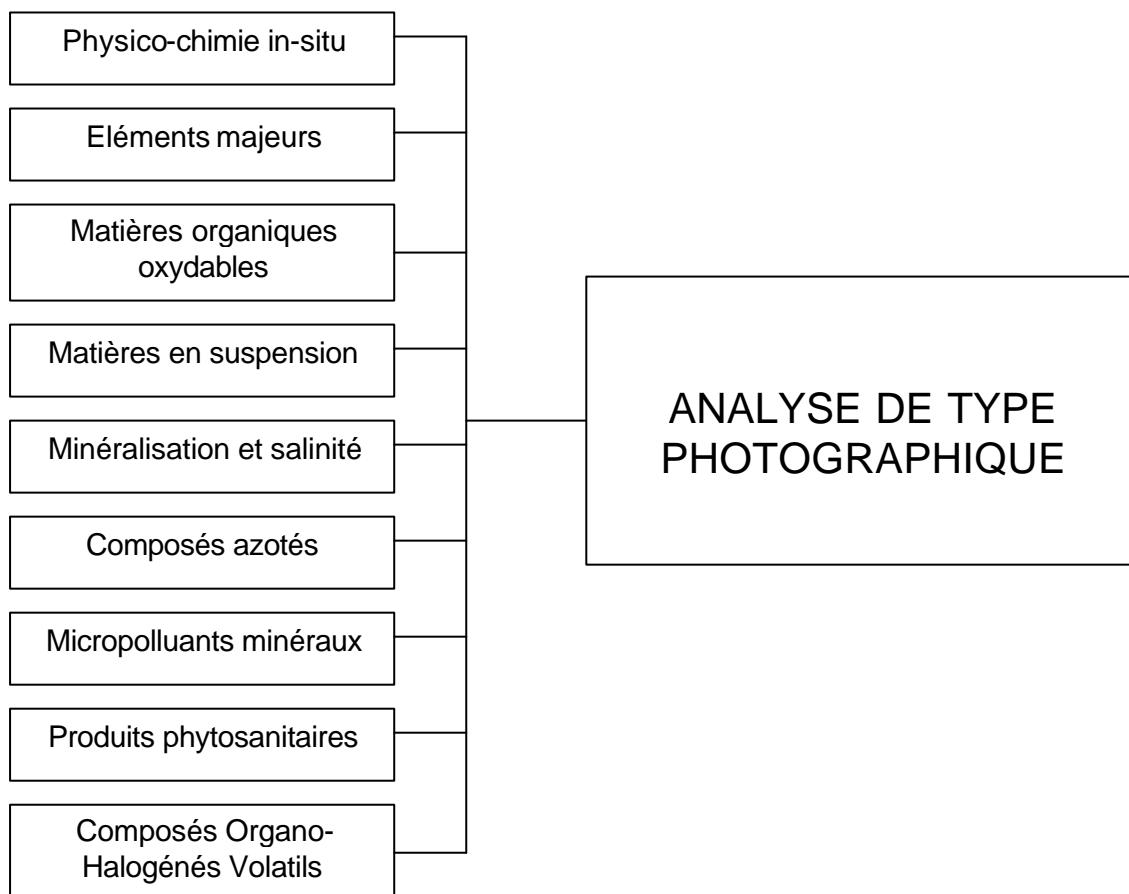


Illustration 4 : Catégories de paramètres analysés lors de l'analyse photographique

L’Illustration 5 ci après présente le flaconnage employé sur chaque site durant la campagne de prélèvements.



Illustration 5 : Matériel d'échantillonage pour un site – Saison sèche 2007

• Prélèvements en forage

Les prélèvements en forage (ou piézomètre) ont été réalisés à l'aide d'une pompe électrique immergée de 2 pouces (type Grundfos MP1), reliée à un convertisseur de fréquence et alimentée par un groupe électrogène à 4 kVa. Un pompage préalable à l'échantillonnage a été réalisé sur chaque site afin de vidanger au moins trois fois les colonnes d'eau présentes dans les ouvrages. Les paramètres physico-chimiques (pH, conductivité et température) ont été suivis à l'aide d'une sonde multi-paramètres pendant le pompage jusqu'à stabilisation.

Après vidange et dépose du matériel de pompage, les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un tube préleveur en polyéthylène.

• Prélèvements en source

Les prélèvements réalisés en source ont été effectués directement au griffon

3. Résultats et interprétations

3.1. PHYSICO-CHIMIE IN SITU

3.1.1. Température

Les températures relevées sur le réseau ont été mesurées in situ, au moment des prélèvements. L'illustration 6 ci-dessous présente les températures relevées sur chaque site lors de la campagne de saison sèche 2007. Les températures relevées sont comprises entre 26°C et 30.4°C. La température très faible mesurée sur le site N2 semble liée à un « problème matériel » et ne doit pas être prise en compte.

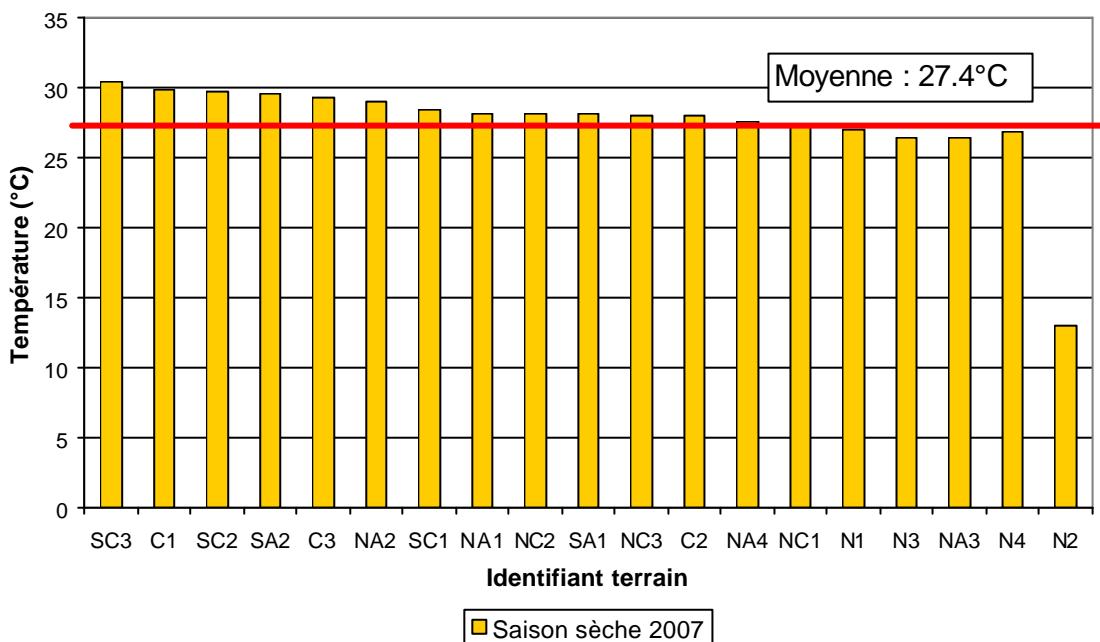


Illustration 6 : Températures relevées in situ lors de la campagne de saison sèche 2007
Le paramètre température dépend en effet de nombreux facteurs tels que l'altitude du site, l'heure de prélèvement et les conditions climatiques au moment du prélèvement. La température n'est donc pas intrinsèquement liée à la nappe. Il est toutefois possible de souligner sa faible variabilité entre les stations du réseau. Les températures sont également très stables entre les campagnes de saison sèches et de saison des pluies réalisées depuis 2004 sur certaines stations du réseau actuel (Cf. Annexe 2).

3.1.2. Conductivité

La conductivité électrique de l'eau représente sa capacité à laisser les charges électriques se déplacer librement. Cette caractéristique dépend de la quantité d'ions présents en solution. **La conductivité électrique, ici exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$, est donc une expression de la minéralisation de l'eau.** Une conductivité élevée est signe d'une importante minéralisation (également appelée salinité).

La minéralisation est fortement dépendante du temps de transit et des roches mises en contact avec l'eau. D'autres paramètres tel que l'intrusion d'eau saline (eau de mer) peuvent influencer la minéralisation et donc la conductivité.

L'Illustration 7 présente les conductivités relevées.

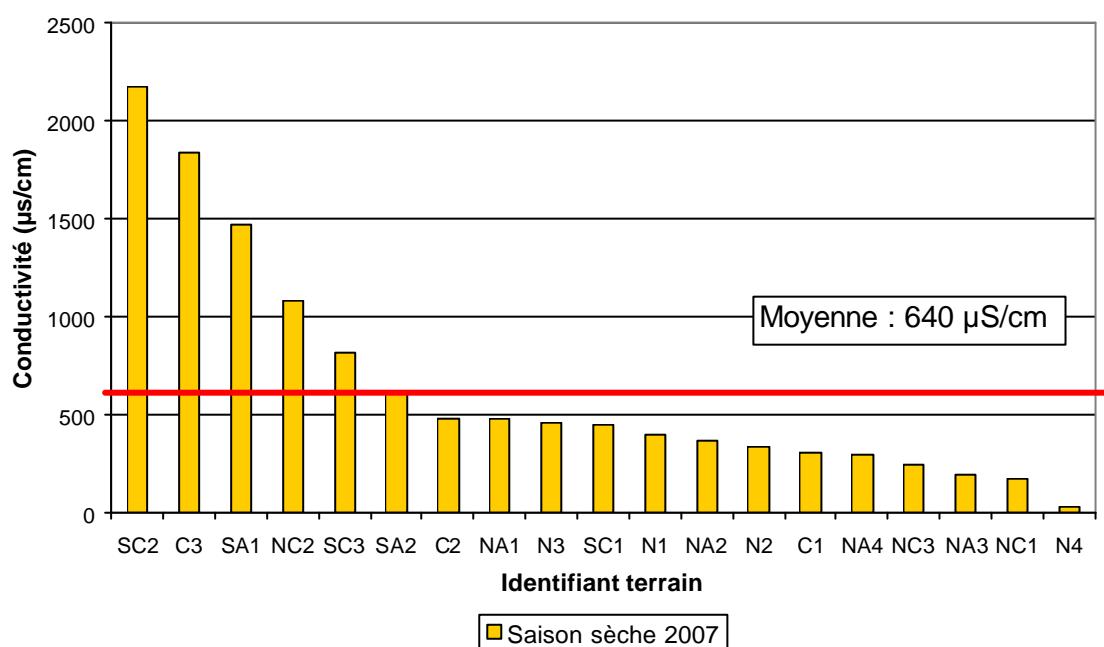


Illustration 7 : Conductivités mesurées *in situ* lors de la campagne de saison sèche 2007

Parmi les eaux analysées, les conductivités mesurées s'échelonnent entre 194 et 2280 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La variabilité est donc importante. Les sources présentent les conductivités les plus faibles. Les ouvrages SC2 et C3 (Commune de Trois Ilets et Rivière Salée) présentent les conductivités les plus élevées. 70% des stations présentent cependant une conductivité inférieure à 500 μS .

Les analyses effectuées sur les éléments majeurs (Cf. 3.2) permettent de préciser l'origine des plus fortes conductivités observées.

3.1.3. pH

Le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Une eau de pH égal à 7 est dite neutre. Une eau de pH inférieur à 7 est dite acide, et, inversement une eau de pH supérieur à 7 est dite basique.

Les eaux analysées montrent des valeurs comprises entre 6.27 et 7.81. Ces valeurs sont ainsi très proches de la neutralité. Les valeurs sont représentées dans le graphique ci-dessous (Illustration 8).

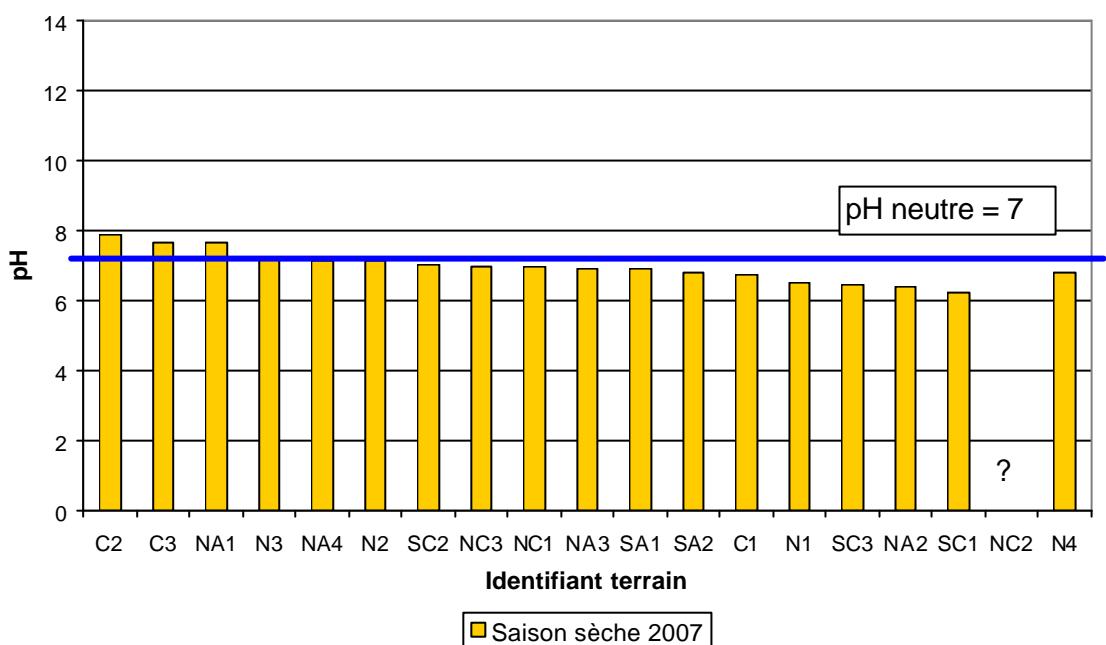


Illustration 8 : pH mesurés *in situ* lors de la campagne de saison sèche 2007

Le paramètre pH est très peu variable entre les stations du réseau.

3.1.4. Oxygène dissous

Dans les tableaux de résultats (Cf. Annexe 2), l'oxygène dissous est exprimé en mg/l et en pourcentage du seuil de saturation. Ce seuil de saturation dépend, entre autres, de la température, de la pression et de la minéralisation de l'eau.

Les nappes libres présentent généralement des teneurs en oxygène dissous de l'ordre de 5 à 10 mg/l, à l'exception des zones humides (L.Chery, 2006).

Les nappes captives présentent un déficit en oxygène dissous (< 5 mg/l), celui-ci pouvant être consommé par l'oxydation de la matière organique (activité bactérienne) ou des sulfures présents dans l'aquifère. Les teneurs en oxygène dissous y sont

souvent inférieures au seuil des 5 mg/l. Au dessous de 2 mg/l, le milieu est qualifié de réducteur. Ces conditions favorisent alors la précipitation de certains éléments.

Les valeurs mesurées sur le réseau s'échelonnent entre 0.78 et 4.02 mg/l. Les eaux de sources présentent les valeurs les plus élevées. **Ces valeurs sont cependant toutes caractéristiques d'eaux appauvries en oxygène, caractère typique des nappes captives à semi-captives.**

Le graphique ci-dessous représente les valeurs d'oxygène dissous mesurées in situ.

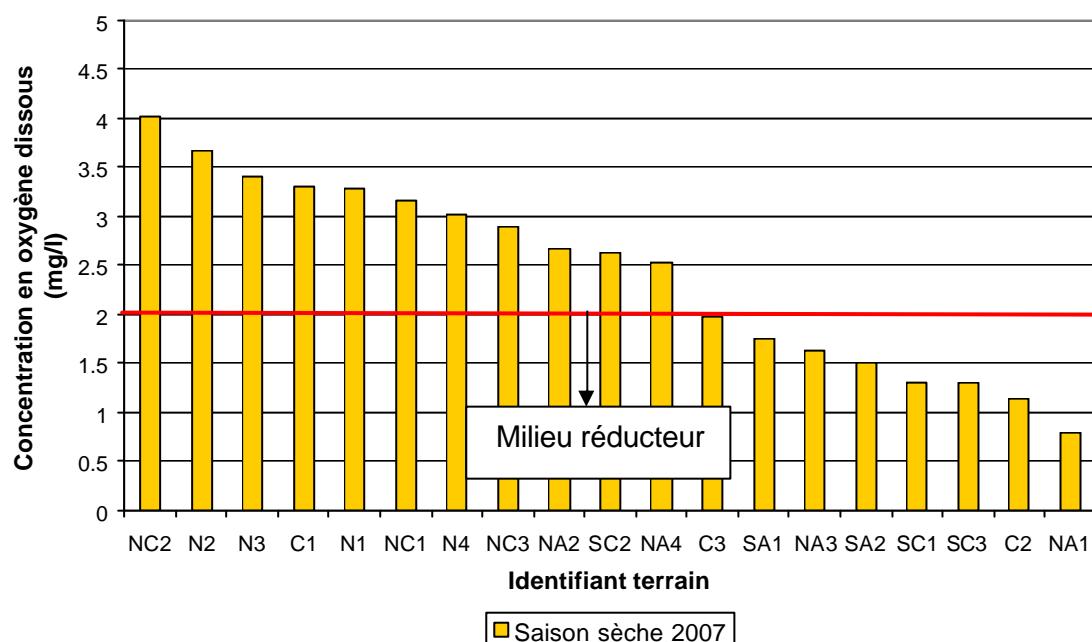


Illustration 9 : Teneurs en oxygène dissous mesurées in situ lors de la campagne de saison sèche 2007

3.2. ELEMENTS MAJEURS

3.2.1. Contrôle de la cohérence des analyses

La méthode des balances ioniques permet de contrôler la qualité des analyses effectuées sur les éléments majeurs. Cette démarche de validation est un préalable indispensable à une présentation fiable des résultats d'analyse et à leur interprétation.

La balance ionique est l'expression d'une différence entre les charges positives (cations) et les charges négatives (anions). La théorie physique suppose la neutralité des charges au sein des échantillons d'eau, c'est-à-dire une égalité entre la somme des charges positives (cations) et la somme des charges négatives (anions).

Autrement dit, au sein d'un échantillon d'eau, la somme des charges négatives équilibre la somme des charges positives. La balance ionique de tout échantillon d'eau doit donc nécessairement être proche de 0%.

Le calcul des balances ioniques se fonde sur la relation suivante :

$$\text{NICB} = 100 * \frac{[? \text{ Cations} - ? \text{ anions}]}{[? \text{ cations} + ? \text{ anions}]}$$

où :

NICB (Normalized Inorganic Charge Balance) : La balance ionique exprimée en pourcentage,

? Cations : La somme des cations (unités en meq),

? Anions : La somme des anions (unités en meq).

Tout écart doit ainsi être interprété comme un biais induit lors de l'analyse. En règle générale, les résultats des analyses sont considérés de la manière suivante.

- $-1\% < \text{NICB} < 1\%$: Fiabilité excellente.
- $-5\% < \text{NICB} < 5\%$: Fiabilité acceptable.
- $-10\% < \text{NICB} < 10\%$: Fiabilité médiocre.
- $\text{NICB} < 10\%$ ou $\text{NICB} > 10\%$: Mauvaise fiabilité.

Le graphique suivant représente les balances ioniques calculées sur chacun des échantillons d'eau analysés.

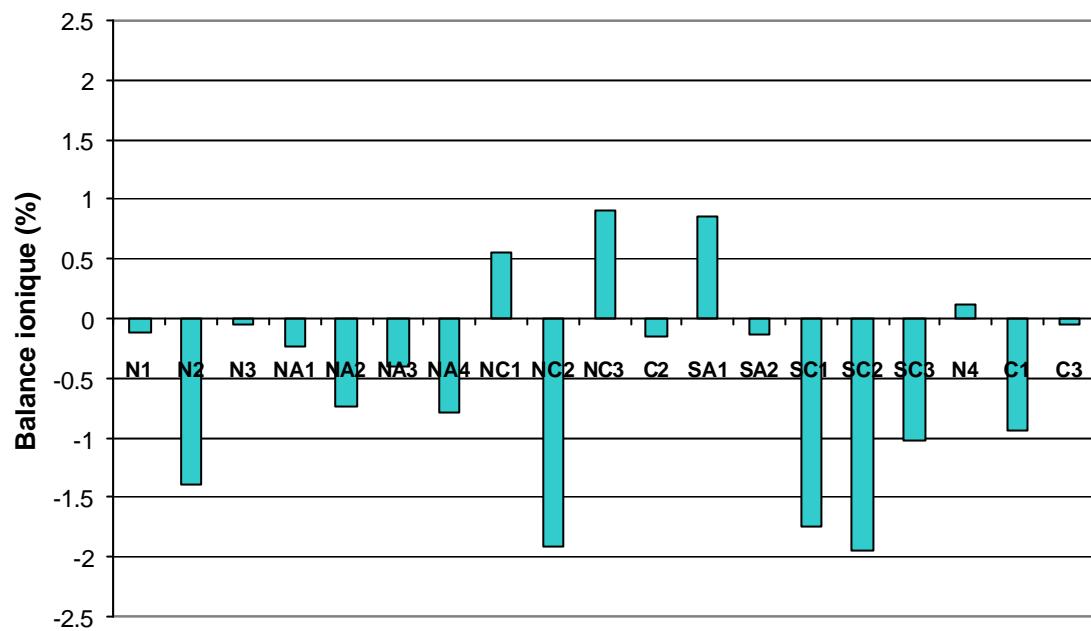


Illustration 10 : Représentation des balances ioniques calculées

Les balances ioniques sont toutes inférieures à 2% ce qui est très faible. **Les résultats d'analyse sont donc corrects.**

3.2.2. Chlorures (Cl^-)

• Origine des chlorures dans les eaux

Les chlorures peuvent avoir de multiples origines dans les eaux souterraines.

=> **Les aérosols** : De nombreux aérosols contenus dans l'eau de pluie présentent une teneur importante en chlorures. Il a été démontré une relation forte entre la distance à la mer et les concentrations en chlorures mesurées dans l'eau de pluie.

=> **Les interactions eau/roche** : Certaines roches ignées et volcaniques contiennent des minéraux riches en chlorures (ex : la sodalite de formule $[\text{Na}_8\text{[Cl}_2(\text{AlSiO}_4)_6]]$). Il est également admis de possibles apports de chlorures par les inclusions fluides de certains minéraux rencontrés en contexte volcanique.

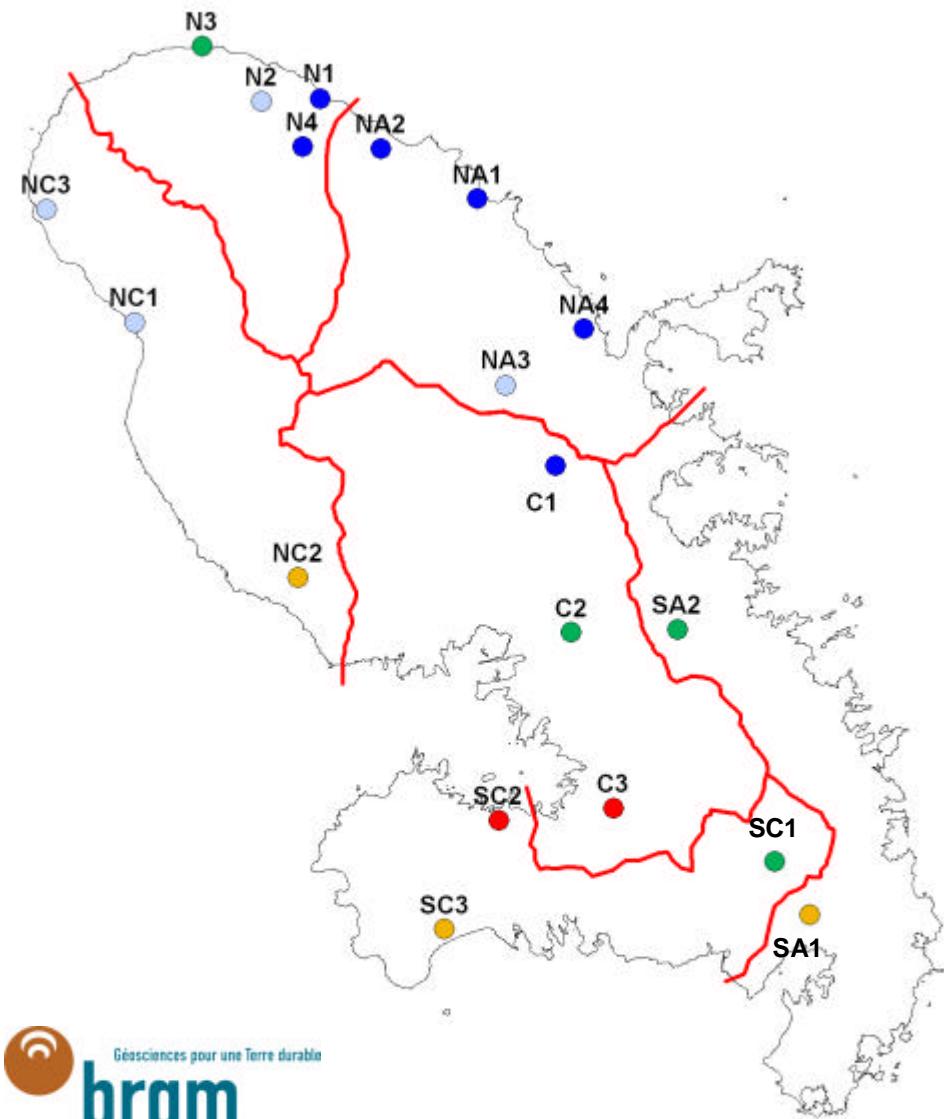
=> **Le biseau salé** : L'intrusion du biseau salé est un phénomène pouvant se produire dans les aquifères littoraux.

=> **Les eaux connées** : eaux marines anciennes piégées pouvant, à la faveur de fissures ou de forages, influencer les concentrations en chlorures des eaux prélevées.

=> **Engrais** : De nombreux fertilisants minéraux présentent des teneurs importantes en chlorures.

• Résultats des analyses

L'illustration 11 ci après présente une carte des concentrations en chlorures. Celles-ci sont comprises entre 11.6 et 468.1 mg/l.



Concentrations en chlorures ((mg/l))

- 250 - 500 (2)
- 100 - 250 (3)
- 50 - 100 (4)
- 20 - 50 (5)
- 0 - 20 (4)



Direction régionale de l'environnement
MARTINIQUE



Illustration 11 : Répartition des teneurs en chlorures des stations analysées en saison sèche 2007

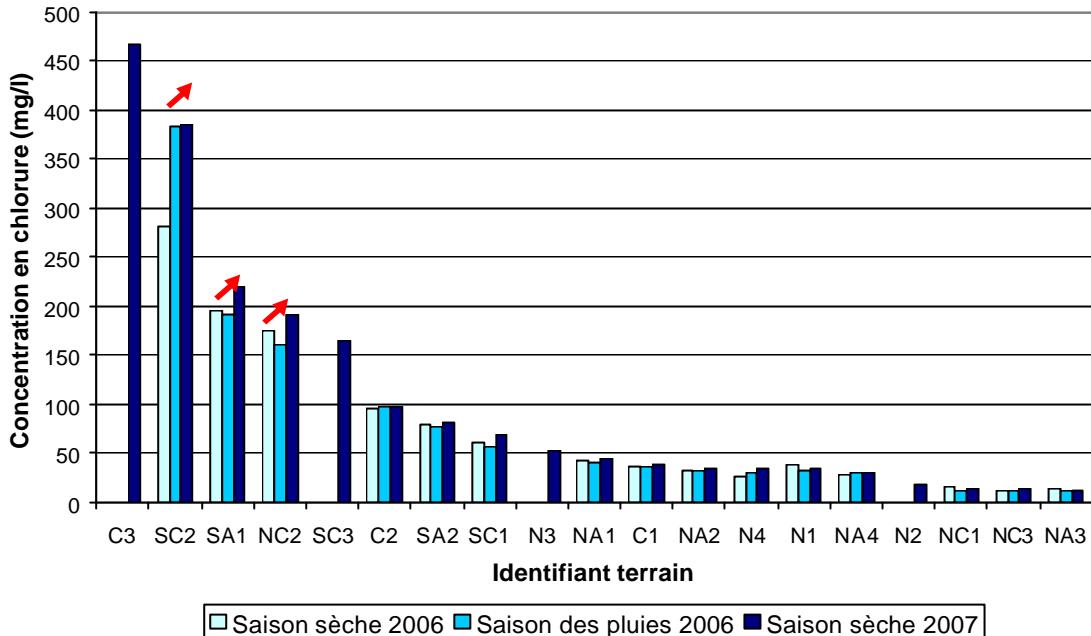


Illustration 12 : Histogramme des concentrations en chlorures mesurées en saison sèche 2007

Des concentrations à la hausse sont observées sur les sites SC2, SA1 et NC2. Aucune tendance d'évolution n'est constatée sur les autres sites.

Les sites « C3 » et « SC2 » (communes de Rivière Salée et des Trois Ilets) présentent les concentrations les plus importantes. Celles-ci seront à surveiller lors des prochaines campagnes. Ces fortes concentrations en chlorures pourraient expliquer en partie les fortes conductivités mesurées sur ces sites.

La proximité de ces stations à la côte permet d'évoquer le rôle potentiel du biseau salé sur les concentrations en chlorures mesurées. La proximité des stations à certaines parcelles agricoles, zones d'élevage, permet également d'évoquer une possible origine anthropique. L'analyse des bromures pourrait se révéler utile pour préciser l'origine de ces chlorures (sur la base des rapports Br / Cl).

3.2.3. Bicarbonates (HCO_3^-)

- Origine des bicarbonates dans les eaux

La dissolution des minéraux carbonatés et l'action combinée du CO_2 des eaux météoriques et du sol sont, d'une manière générale les principales origines des bicarbonates. Les fonds géochimiques en HCO_3^- dans les contextes de socle et milieu volcanique en métropole sont compris 50 et 200 mg/l.

- Résultats des analyses

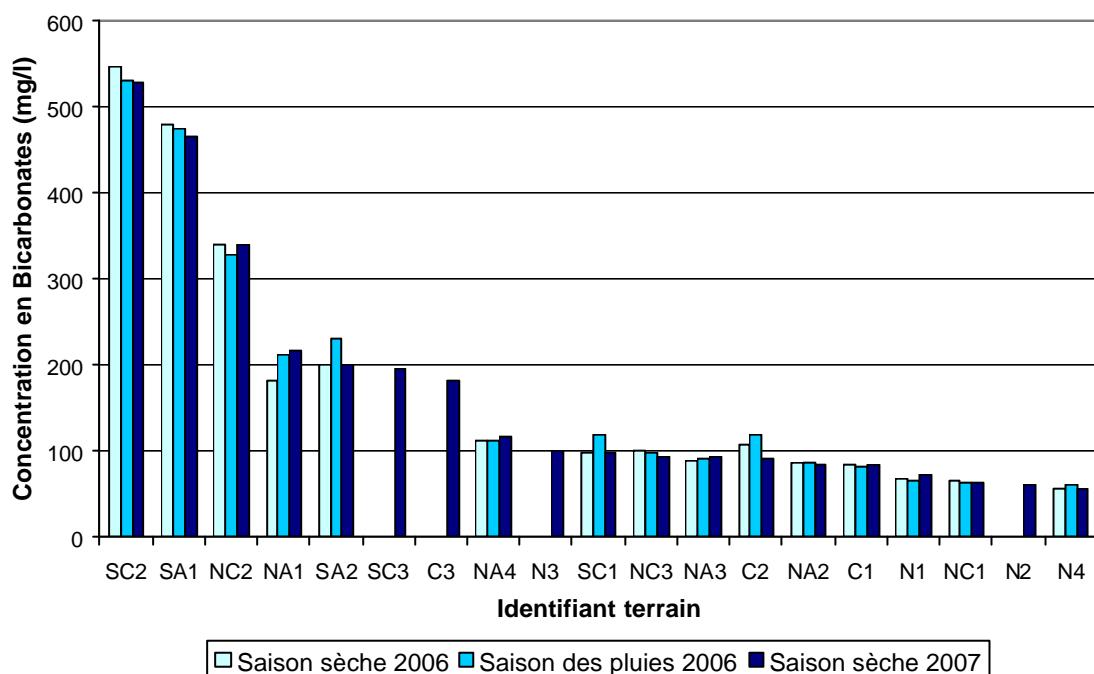


Illustration 13 : Histogramme des concentrations en bicarbonates mesurées en saison sèche 2007

Les concentrations en bicarbonates sont très variables, comprises entre 56 et 529 mg/l. L'importance des interactions eau/roche dans les différents aquifères étudiés conditionne les concentrations en bicarbonates. Ainsi, il est possible, à partir du classement effectué dans le graphique ci-dessus d'avoir un aperçu indirect de l'ampleur de ces interactions eau/roche.

Les stations qui présentent les plus fortes concentrations en bicarbonates présentent également les plus fortes concentrations en calcium et magnésium (Cf. §3.2.5, §3.2.6), deux autres traceurs d'interactions eau/roche. C'est le cas des stations SC2, SA1, NC2 et NA1.

Les interactions eau / roche peuvent dépendre entre autres du temps de résidence de l'eau dans l'aquifère et de la solubilité des minéraux en contact avec l'eau.

3.2.4. Sulfates (SO_4^{2-})

- **Origine des sulfates dans les eaux**

L'ion sulfate SO_4^{2-} est la forme prédominante des sulfates dans les eaux souterraines. Sa présence peut avoir plusieurs origines.

=> **L'oxydation des minéraux riches en souffre** (ex : La pyrite (FeS_2)). les teneurs mesurées dans les eaux souterraines s'échelonnent alors de quelques mg/l à quelques dizaines de mg/l.

=> **Le lessivage de formations évaporitiques** (ex : Le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)). Les teneurs en sulfates des eaux souterraines peuvent alors atteindre quelques centaines, voire quelques milliers de mg/l.

=> **L'oxydation de sulfures dans les précipitations atmosphériques** (phénomène des pluies acides).

=> **L'utilisation d'engrais.**

- **Résultats des analyses**

Les concentrations en sulfates mesurées sont comprises entre 1.3 et 75.7 mg/l.

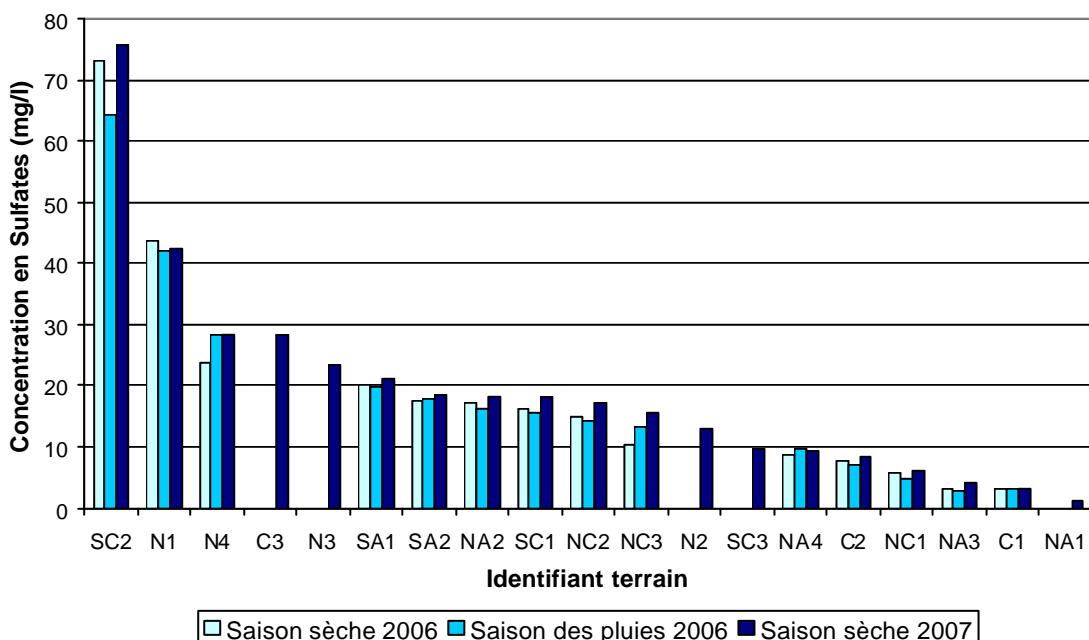


Illustration 14 : Histogramme des concentrations en sulfates mesurées en saison sèche 2007

Les plus fortes concentrations en sulfates sont observées sur les stations SC2 (Commune de Trois Ilets) et N1 (Commune de Basse Pointe).

Il est possible d'évoquer une origine anthropique des sulfates lorsque celles ci sont corrélées avec d'importantes concentrations en chlorures. C'est le cas de la station SC2 (commune de Trois Ilets). Cette station est en effet située dans un secteur où les pratiques agricoles (élevage, cultures) sont importantes. Cette corrélation n'est cependant pas distinguée sur les autres stations.

La station N1, située sur la commune de Basse Pointe présente également de fortes concentrations en sulfates, qui ne sont toutefois pas corrélées avec de fortes concentrations en chlorures. L'hypothèse d'une origine agricole (apport par les engrains) est donc moins probable que pour la station SC2.

Les concentrations n'évoluent par ailleurs pas de manière notable entre les différentes campagnes, hormis sur la station SC2 où l'on observe un creux de concentration en saison des pluies 2006. L'influence de la saison (pluvieuse ou sèche) sur les concentrations en sulfates de cette station pourra être vérifiée lors des futures campagnes.

Nb : la connaissance du fond géochimique naturel est nécessaire pour préciser l'origine anthropique ou non des sulfates détectés.

3.2.5. Calcium (Ca^{2+})

- Origine du calcium dans les eaux

Le calcium est présent principalement dans les roches carbonatées mais se rencontre également dans un grand nombre de minéraux constitutifs de roches volcaniques. Il est possible de citer, parmi ces minéraux les clinopyroxènes calciques ($\text{Ca}, \text{Fe}, \text{Mg}$) (SiO_3)₂ mais également l'ensemble des minéraux constitutifs de la série isomorphe Albite-Anorthite ($\text{Na}[\text{Si}_3\text{AlO}_8] \Rightarrow \text{Ca}[\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_8]$).

- Résultats des analyses

Les teneurs en calcium mesurées dans les eaux souterraines sont comprises entre 3.8 et 160 mg/l.

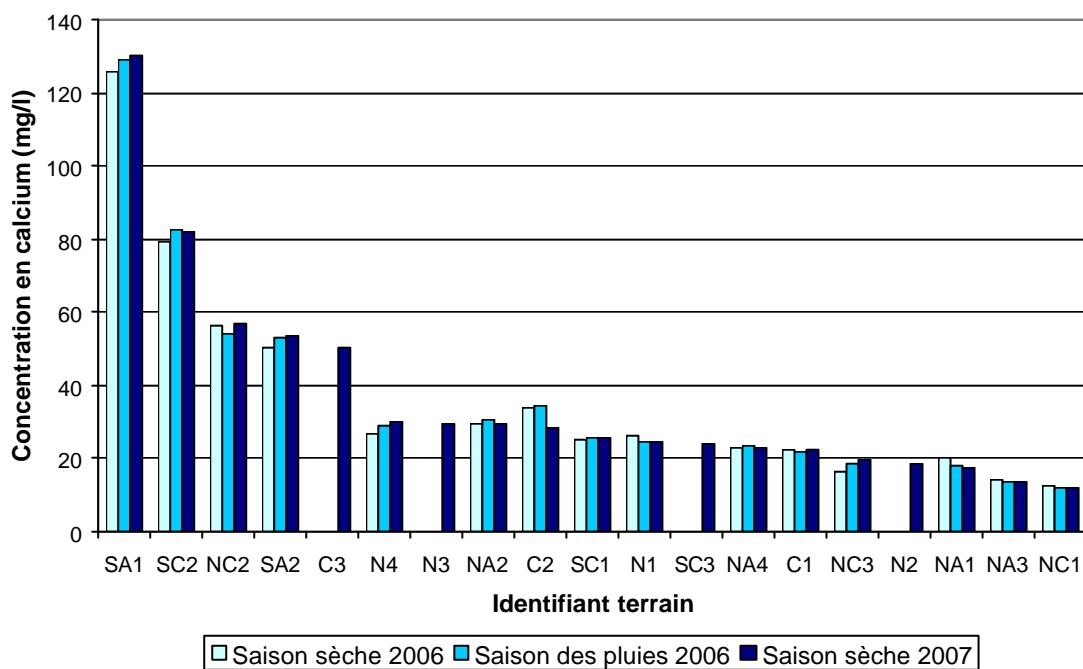


Illustration 15 : Histogramme des concentrations en calcium mesurées en saison sèche 2007

Les teneurs en calcium mesurées sont très variables mais restent dans des gammes de valeurs caractéristiques du milieu naturel. Les teneurs en calcium marquent ici l'importance des interactions eau/roche.

L'absence de variation nette des concentrations entre les campagnes de mesures montre par ailleurs la stabilité de ce paramètre dans les eaux souterraines.

3.2.6. Magnésium (Mg^{2+})

- Origine du magnésium dans les eaux

Le magnésium est présent dans de nombreux minéraux constitutifs des roches volcaniques. On distingue en particulier l'olivine $(Fe, Mg)_2 [SiO_4]$, les clinopyroxènes et les orthopyroxènes $(Mg, Fe)_2 (SiO_3)_2$, l'amphibole $(Mg, Fe)_7 [Si_8O_{22}] (OH, F)_2$ et les biotites $K (Mg, Fe)_3 [Si_3AlO_{10} (OH, F)_2]$. Dans les eaux souterraines, la forme dissoute Mg^{2+} est prédominante. Les équilibres naturels qui contrôlent les teneurs en magnésium dans les eaux souterraines sont complexes. De nombreuses réactions d'échanges cationiques, d'adsorption et de désorption (sur des minéraux argileux) influencent la mise en solution du magnésium dans le milieu souterrain. Dans les roches ignées, les roches volcaniques et les roches d'altération contenant de l'argile, la mise en solution du magnésium est plus difficile que dans les roches carbonatées. Ainsi les teneurs types du fond géochimique de Martinique pourraient être comprises entre quelques mg/l et quelques dizaines de mg/l.

- Résultats des analyses

Les concentrations en magnésium mesurées sont en effet toutes inférieures à 50 mg/l. Cette gamme de valeurs est caractéristique du milieu naturel. Les sites présentant les plus fortes concentrations en magnésium sont également ceux présentant les plus fortes concentrations en calcium. La dissolution des minéraux magnésiens est donc l'origine la plus probable du magnésium dans les eaux souterraines. Aucune variation significative des concentrations entre les saisons n'est à signaler, hormis pour la station SC2 qui présente un pic de concentration en saison des pluies 2006. Ce type de comportement devra être vérifié lors des prochaines campagnes.

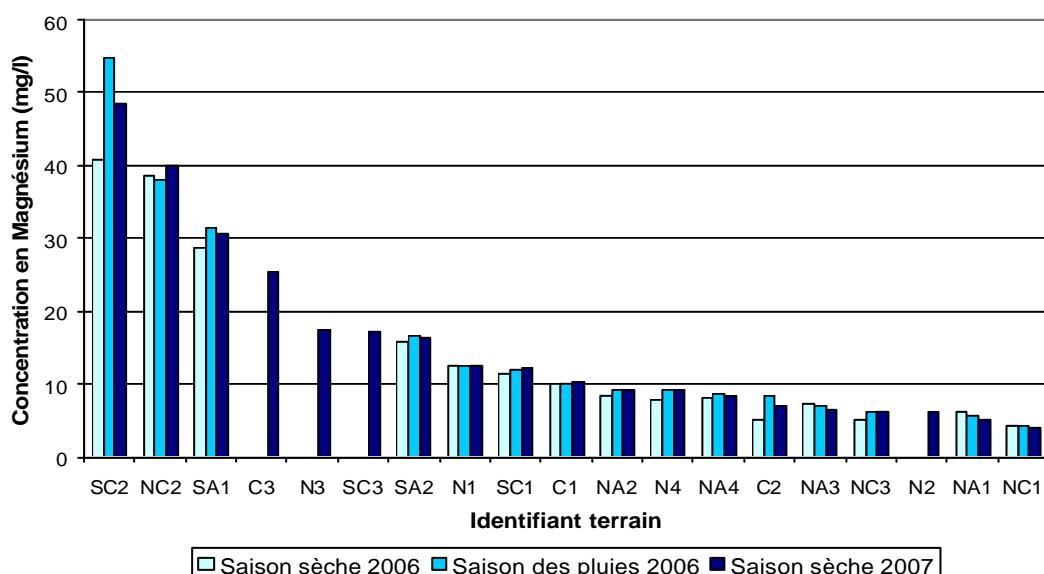


Illustration 16 : Histogramme des concentrations en magnésium mesurées en saison sèche 2007

3.2.7. Sodium (Na^+)

- Origine du sodium dans les eaux

Le sodium est présent dans de nombreux minéraux constitutifs des roches volcaniques. Les feldspaths sodiques sont parmi les plus abondants (formule de base $\text{Na}[\text{Si}_3\text{AlO}_8]$). Dans les eaux souterraines, le sodium est présent sous la forme ionique Na^+ . Il est soumis aux mêmes types de phénomènes d'adsorption/désorption que le calcium et le magnésium. Sa mise en solution présente donc une complexité comparable. En l'absence d'affleurement de roches évaporitiques, les fonds géochimiques couramment rencontrés en contexte volcanique et de socle en métropole montrent des teneurs comprises entre quelques mg/l et quelques dizaines de mg/l.

- Résultats des analyses

Les concentrations en sodium sont comprises entre quelques mg/l et plusieurs centaines de mg/l. Cette importante variabilité montre la diversité des origines possibles du sodium rencontré. Les interactions eau/roche peuvent être à l'origine d'une partie des concentrations mesurées, cependant, les stations les plus chargées en sodium sont par ailleurs très riches en chlorures. C'est le cas des stations SC2 et C3, pour lesquelles l'hypothèse d'une intrusion saline est probable (communes de Trois Ilets et de Rivière salée).

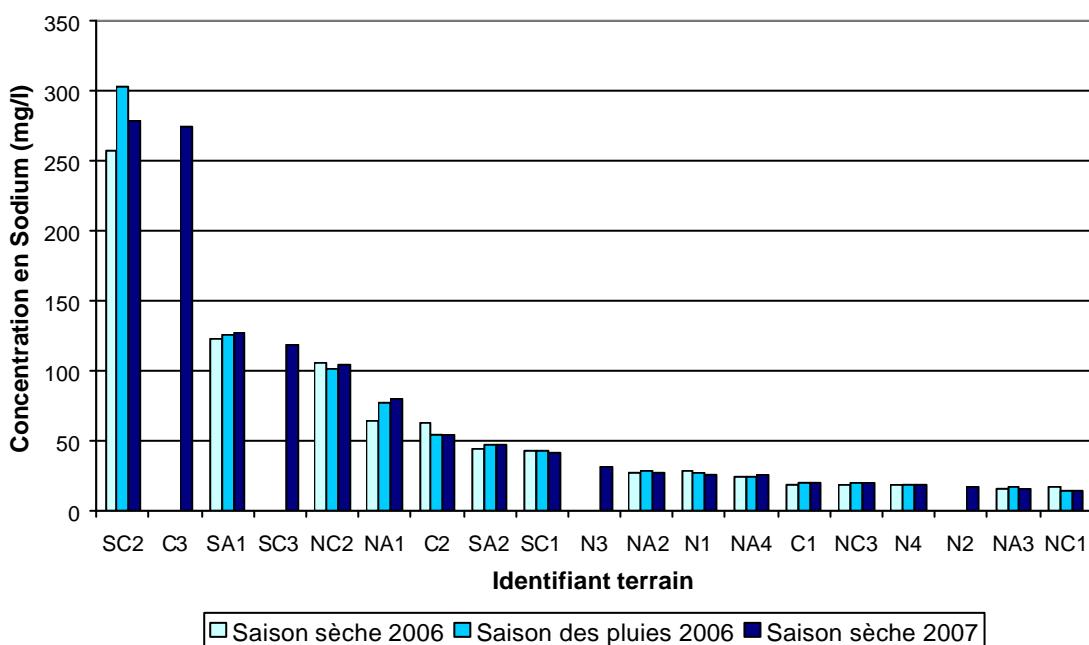


Illustration : Histogramme des concentrations en sodium mesurées en saison sèche 2007

3.2.8. Potassium (K^+)

- Origine naturelle du potassium dans les eaux

Le potassium est un élément principalement présent dans les roches ignées (dont les roches volcaniques) et les argiles. Dans les roches silicatées, on le trouve essentiellement sous forme d'orthose [KAISi₃O₈], de micas et de felspathoïdes (ex : la leucite [KAlSi₂O₆]). D'une manière générale, les eaux souterraines présentent rarement des teneurs en potassium supérieures à 10mg/l (Chery et al, 2006).

- Résultats des analyses

Les concentrations en Potassium sont comprises entre quelques mg/l et 15 mg/l. L'absence de régionalisation notable des teneurs en potassium ne permet cependant pas de caractériser l'origine du potassium détecté. Une origine anthropique de cet élément n'est pas à exclure pour la station N1 située sur la commune de Basse Pointe. Le secteur présente en effet une intense activité agricole. Par ailleurs, les stations SA1, NC3 et NC1 montrent une augmentation progressive des concentrations en potassium depuis la campagne de saison sèche 2006. L'évolution de ce paramètre sur ces stations devra ainsi être surveillée.

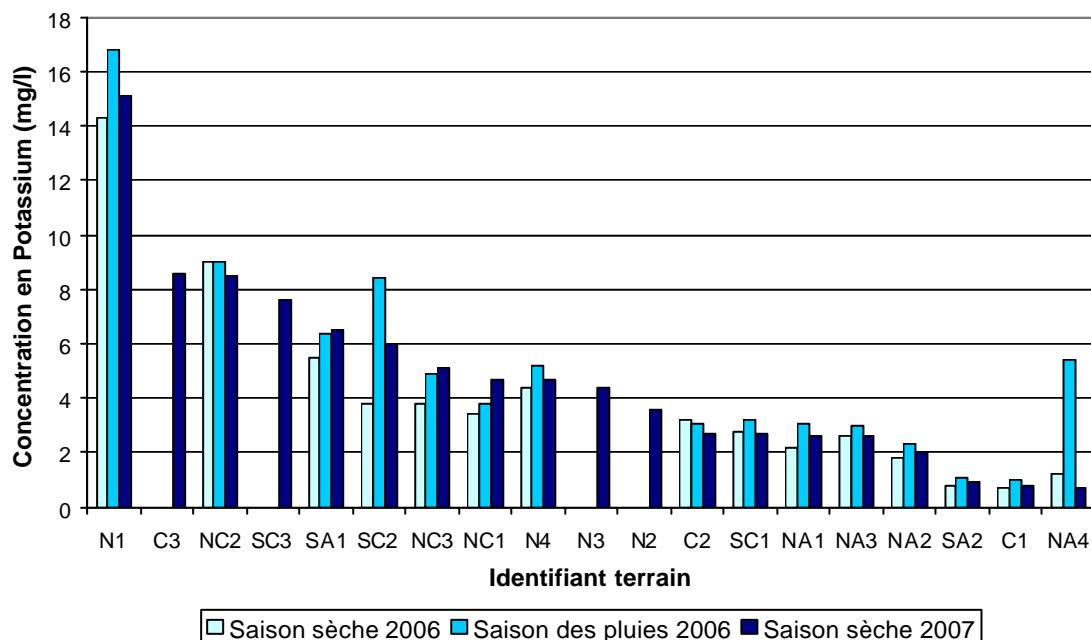


Illustration 17 : Histogramme des concentrations en potassium mesurées en saison sèche 2007

Les stations N1, SC2 et NA4 présentent par ailleurs des pics de concentrations en saison des pluies 2006. Un relargage de potassium plus important en période de précipitations pourrait expliquer ces pics de concentrations.

3.3. MATIERES ORGANIQUES OXYDABLES

3.3.1. Oxydabilité au permanganate à chaud en milieu acide

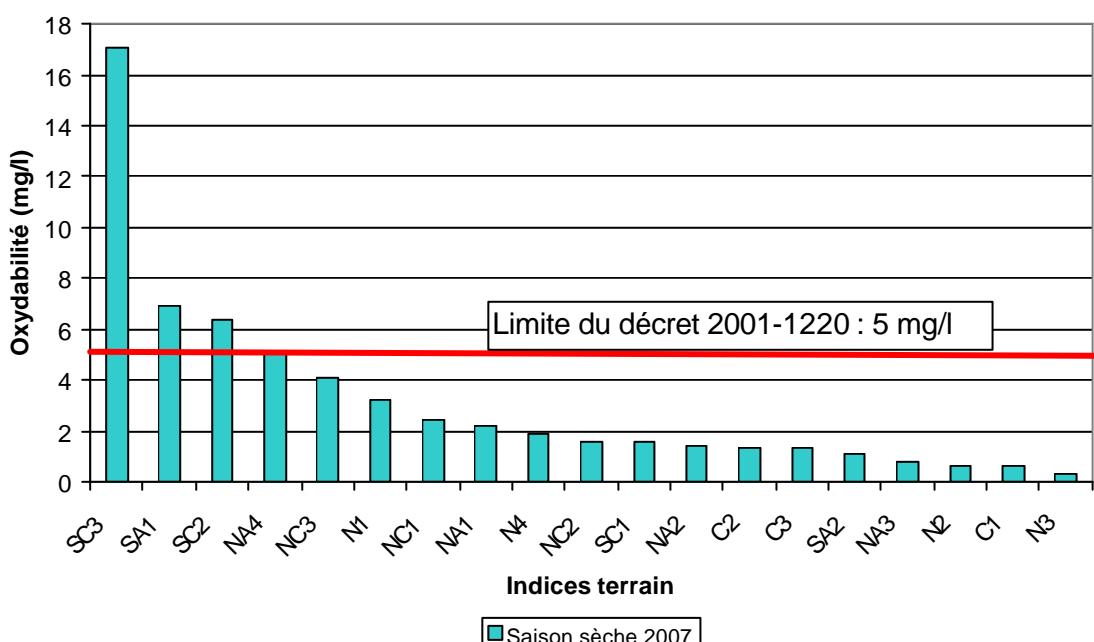
Le paramètre d'oxydabilité est mesuré pour la première fois sur les sites du réseau de surveillance.

L'oxydabilité est une mesure de la quantité d'oxygène consommée par les matières organiques. Elle s'exprime en mg/l et rend compte indirectement de l'abondance de matière organique dans un milieu. La matière organique peut provenir aussi bien des rejets en surface des systèmes d'assainissements que des rejets d'origines agricoles ou industriels. La dégradation des matières organiques sous influence bactérienne entraîne notamment la libération de substances toxiques (nitrites, ammoniac, hydrogène sulfuré, etc.), ceci souligne la nécessité du suivi de ce paramètre.

Le dosage de l'oxydabilité a été effectué en utilisant comme oxydant le permanganate de potassium.

L'oxydabilité au permanganate ($KMnO_4$) est mesurée après 10 minutes en milieu acide à chaud.

Le décret français 2001-1220 ainsi que la directive européenne de 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine recommandent une teneur maximale de 5 mg/l. Dans les eaux souterraines, la teneur est généralement inférieure à 1 mg/l. L'Illustration 18 ci-dessous présente les teneurs mesurées.



Sur l'ensemble du réseau, 3 sites se situent au-delà du seuil de qualité fixé par le décret 2001-1220. Le site SC3 (situé sur la commune du Diamant lieu dit « Habitation Dizac ») présente l'oxydabilité la plus importante. Les sites SA1 et SC2, situés respectivement sur les communes du Marin (lieu dit « Grand Fond ») et des Trois Ilets (lieu dit « Vatable ») présentent également des teneurs importantes mais toutefois proches de la limite des 5 mg/l. Ces gammes de valeurs présument une pollution du site par des matières organiques.

Lors des prélèvements effectués sur le site SC2 (commune du Marin), la présence d'un animal en décomposition a été relevée dans le forage. Ceci pourrait expliquer les mesures effectuées sur ce site.

Pour la station SC3, il est possible d'évoquer l'influence d'effluents domestiques ou agricoles sur les eaux souterraines.

3.3.2. Carbone organique dissous (COD)

Le carbone organique dissous est mesuré pour la première fois sur les stations du réseau. Le carbone organique présent dans les eaux naturelles est composé en majeure partie de substances humiques, de matériaux végétaux et animaux partiellement dégradés ainsi que de substances organiques provenant de divers effluents d'assainissement ou industriels. Pour un effluent donné, une corrélation peut être établie entre le carbone organique dissous et la demande chimique ou biochimique en oxygène. La mesure du carbone organique dissous permet donc de détecter et de suivre, le cas échéant une pollution organique du milieu aquatique.

L'effet principal de la présence de matière organique dans un milieu est la consommation d'oxygène induite par sa dégradation. Elle est ainsi susceptible de modifier les conditions physico-chimiques du milieu. Dans les eaux naturelles, la teneur en COD peut varier de 1 à 30 mg/l. Les valeurs proches de 30 mg/l sont cependant signes d'une pollution organique. L'Illustration 19 ci-dessous présente les teneurs en carbone organique dissous détectées.

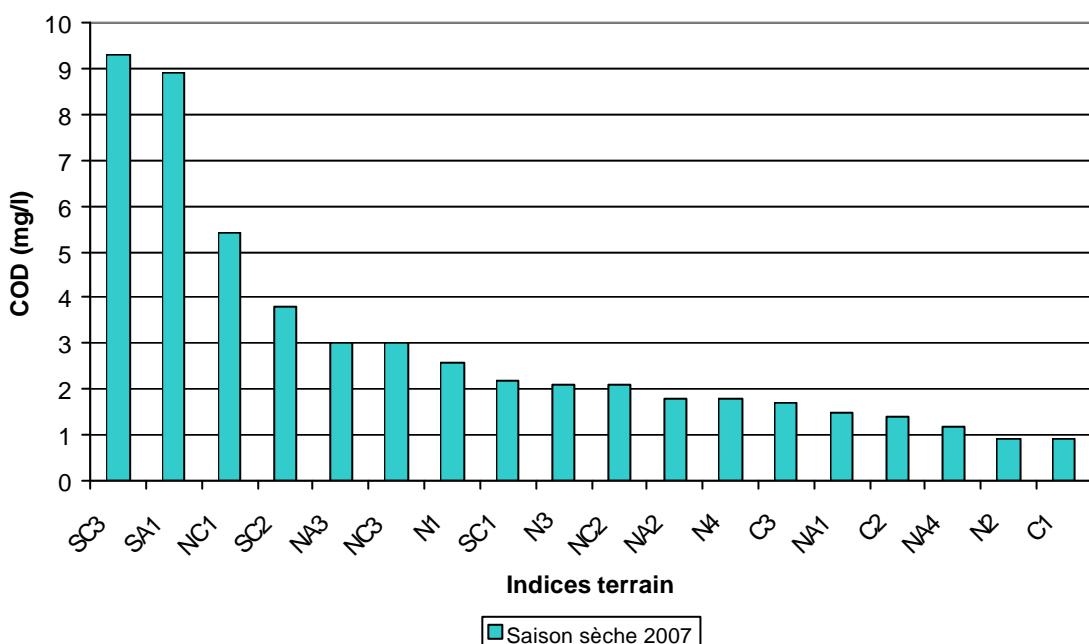


Illustration 19 : Histogramme des teneurs en Carbone Organique Dissous mesurées en saison sèche 2007

Les deux sites SC3 et SA1 présentent les teneurs les plus fortes en COD toutefois inférieures à 10 mg/l. Ces deux sites présentaient cependant les plus fortes oxydabilités (Cf. 3.3.1). **La relation entre ces deux paramètres confirme donc la présence d'une pollution par les matières organiques sur ces deux sites.**

3.4. MATIERES EN SUSPENSION – FER ET MANGANESE

Les éléments analysés dans la catégorie « Matières en suspension » sont le Fer (total) et le Manganèse (total). En l'absence de valeurs guides adaptées au fond géochimique de la Martinique, les concentrations ont été interprétées selon les seuils du décret 2001-1220 relatif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Les concentrations en fer et manganèse évoluent souvent de manière combinée. 4 stations présentent des concentrations en manganèse supérieures aux normes du décret 2001-1220 dont 2 montrent des concentrations en Fer supérieures aux normes de ce même décret. Ces stations sont mentionnées dans le tableau suivant. Les chiffres en gras dépassent la norme.

Indice du site	Commune	Lieu dit	Concentration en Fer (mg/l)	Concentration en manganèse (μ g/l)
-	-	Norme du Décret 2001-1220	0.2 mg/l	50 μg/l
NA1	Marigot	Anse Charpentier	1.9	180
C2	Lamentin	Habitation Ressource	0.2	169
SC3	Diamant	Habitation Dizac	0.14	192
NA3	Gros Morne	La Borelli	0.13	811

Illustration 20 : Tableau récapitulatif des plus fortes concentrations en fer et manganèse mesurées en saison sèche 2007

Dans les nappes de Martinique, la précipitation de ces éléments est fortement liée à l'état d'oxydation du milieu. En effet, elle est favorisée dans les milieux privés d'oxygène comme les nappes captives.

La présence de ces éléments dans les nappes est donc probablement naturelle. Une analyse poussée du fond géochimique de Martinique permettrait de le confirmer.

3.5. MINERALISATION ET SALINITE

3.5.1. Dureté totale

La dureté totale d'une eau, également appelée titre hydrométrique (TH), reflète sa teneur en ions calcium et magnésium. L'unité employée est le degré Français (°F). Il correspond à une concentration de 10 mg/l de carbonates de calcium.

La classification ci-dessous est couramment employée.

TH (°f)	0 à 5	5 à 10	10 à 20	20 à 40	supérieur à 40
Eau	très douce	douce	moyennement dure	dure	très dure

Illustration 21 : Classification des eaux selon leur dureté

L'illustration 22 présente les résultats.

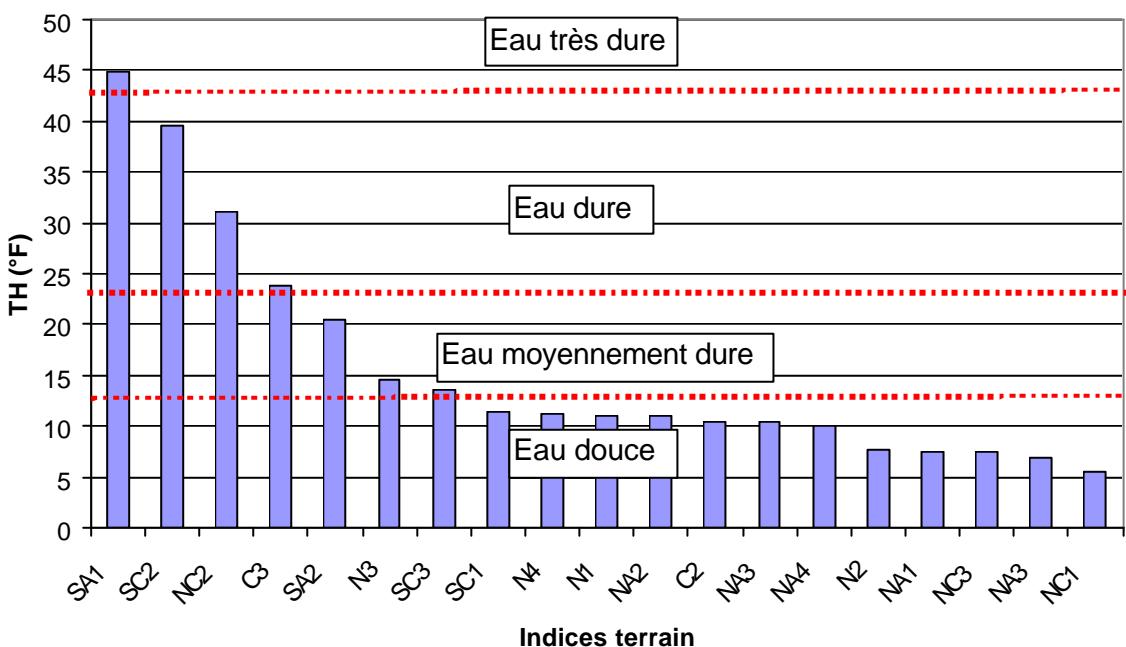


Illustration 22 : Histogramme des duretés mesurées sur le réseau de surveillance en saison sèche 2007

Sur les 19 sites du réseau, l'eau provenant du site SA1 (commune du Marin) présente la dureté la plus importante. Plus de 75% du réseau présente cependant une eau douce à moyennement dure.

3.5.2. Silicates (SiO_2)

Le silicium est, après l'oxygène, l'élément le plus abondant de la croûte terrestre. Il constitue en outre un élément essentiel de nombreux minéraux en particulier dans les roches ignées, les grès et les argiles (silicates, silicates d'alumines).

D'une manière générale, les minéraux silicatés sont peu altérables si bien que les teneurs mesurées dans les eaux sont souvent faibles (quelques dizaines de mg/l).

En conditions tropicales, l'altération des silicates s'accompagne d'une augmentation des concentrations dans les eaux. L'Illustration 23 montre en effet que les concentrations en silice mesurées sont comprises entre 20 mg/l et près de 120 mg/l.

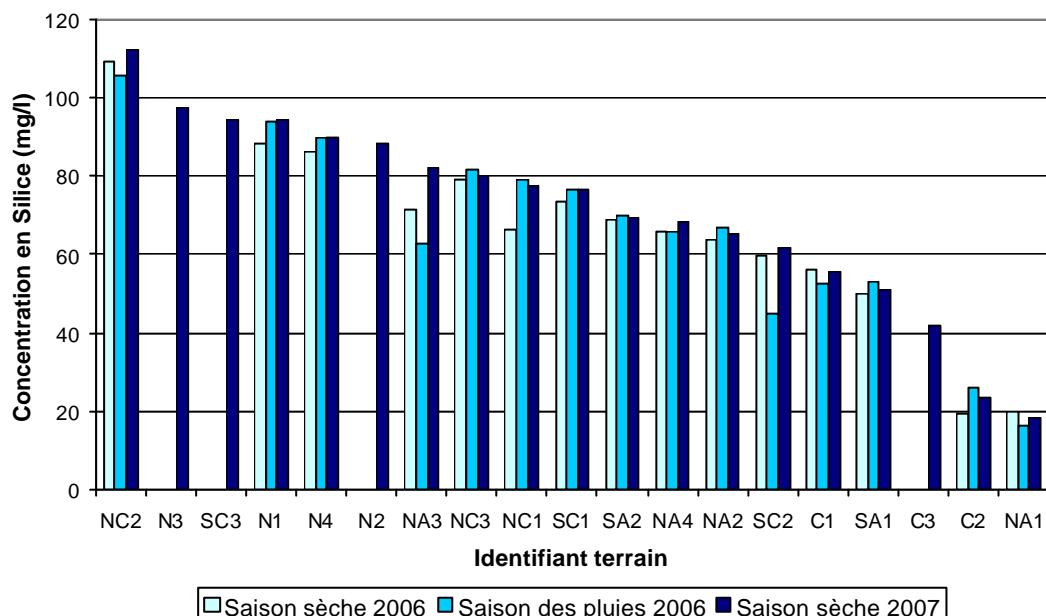


Illustration 23 : Histogramme des concentrations en silice mesurées en saison sèche 2007

3.5.3. Fluorures (F^-)

L'ion fluorure est la forme ionique du fluor. Sur l'ensemble du réseau, 3 sites présentent des fluorures. Ces sites sont situés sur les communes de Gros Morne (lieu dit « La Borelli »), Schoelcher (lieu dit « Fond Lahaye ») et le Marin (lieu dit « Grand Fond »). Les teneurs y sont comprises entre 0.1 et 0.4 mg/l. Ces valeurs sont significatives mais restent inférieures aux concentrations généralement rencontrées dans la plupart des systèmes de socle où les concentrations peuvent atteindre plusieurs mg/l (Chery, 2006).

3.6. COMPOSES AZOTES

3.6.1. Nitrates (NO_3^-)

- Origine des nitrates dans les eaux

L'ion nitrate est la forme la plus oxydée de l'azote. Ses sources naturelles sont principalement les pluies et les interactions du sol avec la végétation. Les sources anthropiques sont par ailleurs nombreuses, le plus souvent liées au lessivage d'engrais, d'effluents d'élevage et aux rejets domestiques et industriels.

Les teneurs en nitrate des eaux souterraines dépendent également beaucoup des processus biogéochimiques qui régissent le cycle de l'azote. D'une manière générale, une teneur supérieure à 10 mg/l traduit un apport anthropique.

- Résultats et interprétation des analyses

L'illustration 24 ci-dessous présente les teneurs en nitrates mesurées jusqu'en saison sèche 2007.

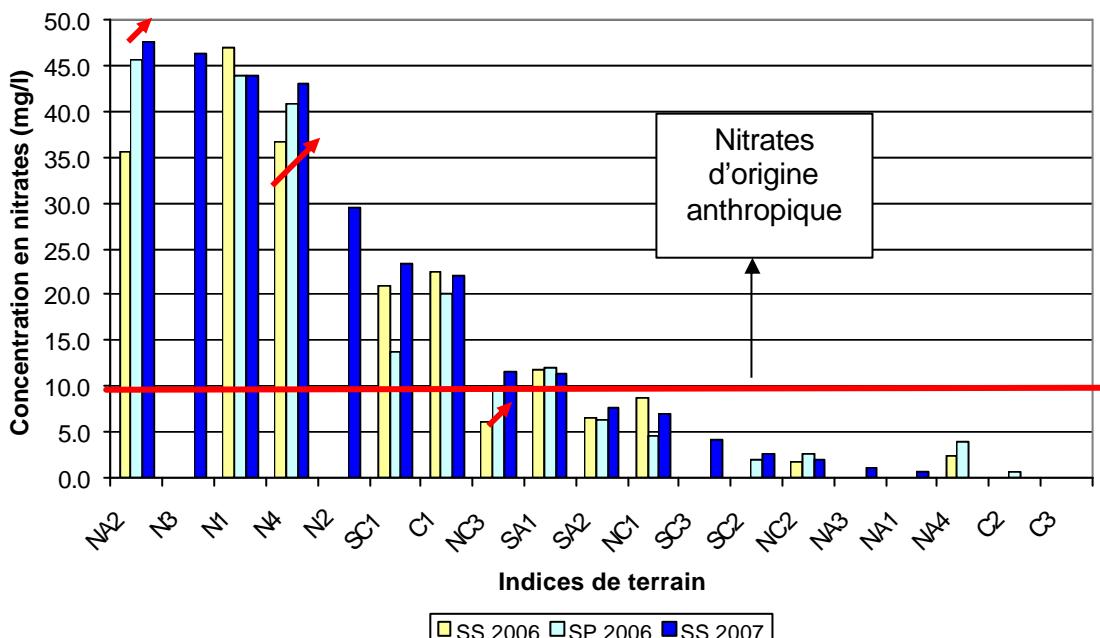


Illustration 24 : Histogramme des concentrations en nitrates mesurées en saison sèche 2007

La moitié des eaux étudiées présente une contamination anthropique par les nitrates. Par ailleurs, les sites NA2 (commune du Lorrain), N4 (commune de Basse Pointe) et NC3 (commune du Prêcheur) présentent sur les trois dernières campagnes une évolution à la hausse. L'illustration 25 met en évidence cette tendance.

Les sites NA2 (commune du Lorrain) et N4 (commune de Basse Pointe) seraient susceptibles de dépasser, à brève échéance, la limite des 50 mg/l.

Les sites NA2, N3, N1 et N4 bénéficieront d'un contrôle attentif lors des prochaines campagnes de suivi.

Les sites N2, SC1, C1, NC3 et SA1 bénéficieront également d'une surveillance attentive compte tenu du risque d'apport anthropique mis en évidence.

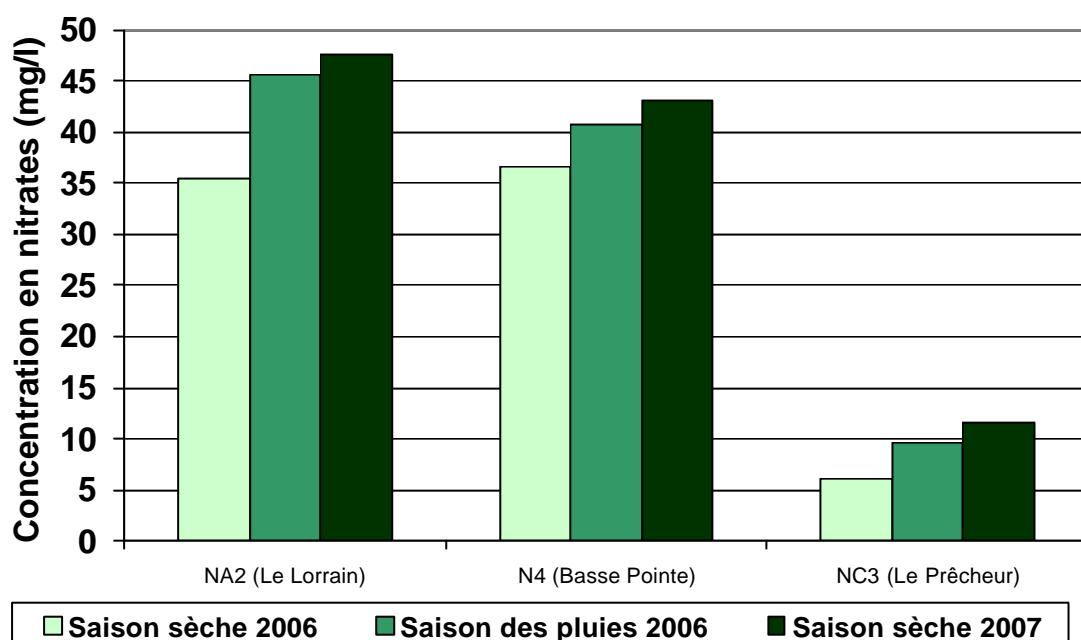


Illustration 25 : Evolution à la hausse des teneurs en nitrates sur 3 sites

Le processus de dénitrification est possible dans des nappes confinées, nappes dans lesquelles les concentrations en oxygène dissous sont inférieures à 5 mg/l. (Cf. § 3.1.4).

Il est possible de mettre en évidence les processus de dénitrification ou de contamination anthropique par les nitrates à l'aide de diagrammes représentant les concentrations en nitrates en fonction des concentrations en chlorures. Ce type de graphique est présenté dans l'illustration ci-après.

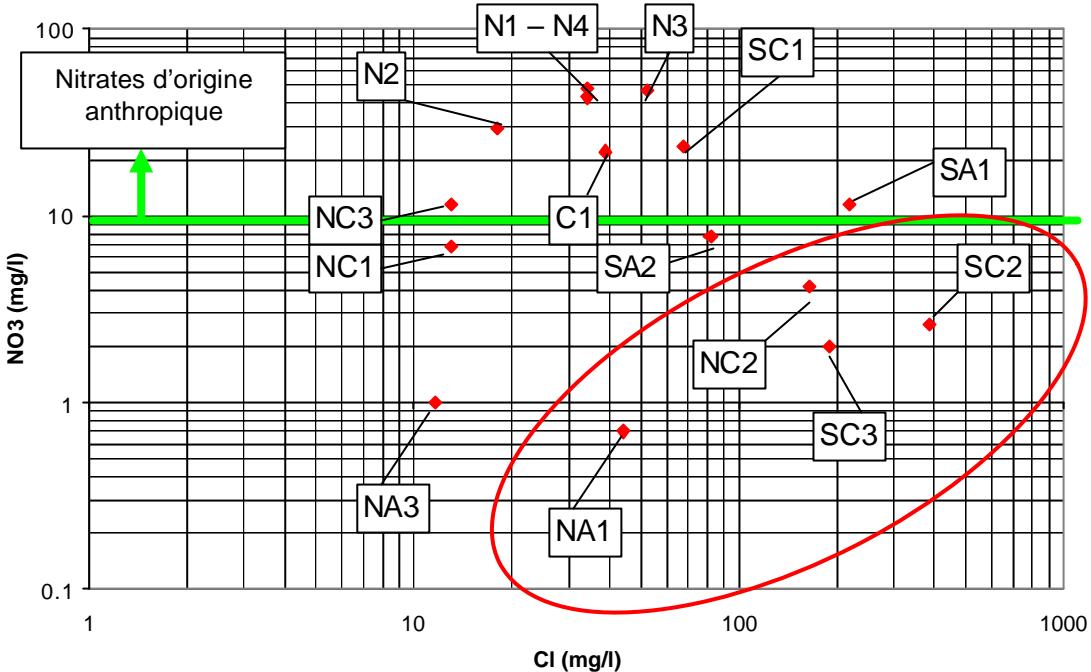


Illustration 26 : Diagramme Nitrates versus Chlorures (mg/l) d'après les mesures effectuées en saison sèche 2007

Les points situés à l'intérieur de la zone rouge sont susceptibles d'avoir subi un processus de dénitrification. En effet, de fortes concentrations en nitrates d'origine anthropique sont généralement corrélées avec de fortes concentrations en chlorures ce qui n'est pas le cas sur les stations NA1, NC2, SC3 et SC2. Deux cas peuvent expliquer ceci.

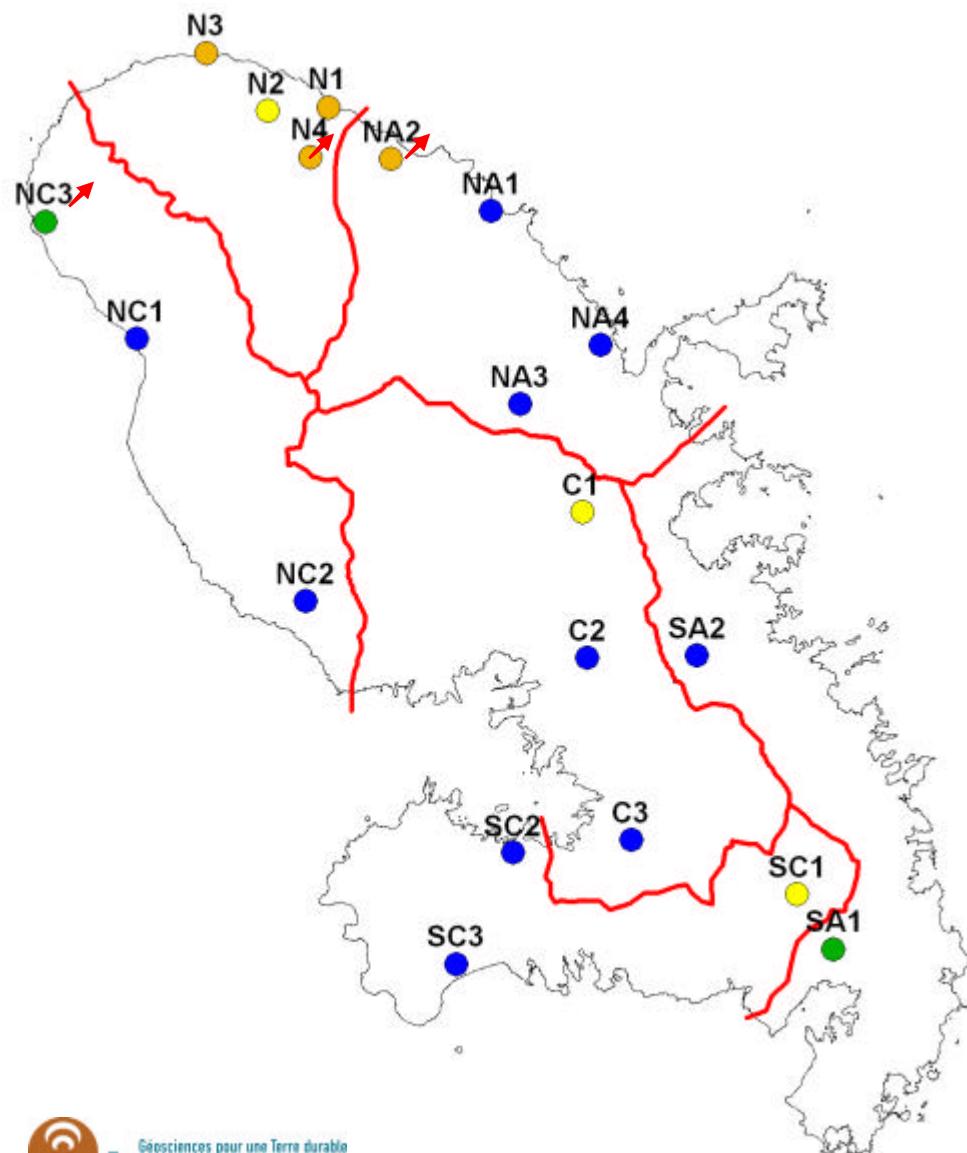
- Les chlorures mesurés sur ces stations ont une origine naturelle (biseau salé).
- Les nappes étudiées ont subi un processus de dénitrification.

L'expérience montre que le processus de dénitrification s'accompagne également d'une hausse des concentrations en fer et manganèse ce qui est le cas sur les stations NA1 et SC3 (Cf § 3.4) ; ceci pourrait appuyer l'hypothèse d'un processus de dénitrification sur ces deux stations.

• Etat patrimonial de la ressource

La carte ci après a été réalisée d'après les seuils du SEQ eaux souterraines. Seules les masses d'eau Nord et Nord Caraïbes présentent une dégradation importante vis-à-vis des nitrates. Ceci pourrait être attribué aux importantes activités agricoles du secteur mais aussi aux caractéristiques des nappes du secteur (nappes libres et donc moins sujettes au phénomène de dénitrification).

Nb : Les flèches rouges illustrent la tendance à la hausse pour N4, N2, NC3, NA2, NA3, N1, N3, SC1, SA1, SC2 et SC3.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Echelle : 1 cm = 3 Km

LEGENDE

- Eau dont la composition est naturelle ou sub-naturelle ($0 \text{ mg/l} < [\text{NO}_3] < 10 \text{ mg/l}$)
- Eau de composition proche de l'état naturel, mais détection d'une contamination d'origine anthropique ($10 \text{ mg/l} < [\text{NO}_3] < 20 \text{ mg/l}$)
- Dégradation significative par rapport à l'état naturel ($20 \text{ mg/l} < [\text{NO}_3] < 40 \text{ mg/l}$)
- Dégradation importante par rapport à l'état naturel ($40 \text{ mg/l} < [\text{NO}_3] < 50 \text{ mg/l}$)
- Dégradation très importante par rapport à l'état naturel ($[\text{NO}_3] > 50 \text{ mg/l}$)

— Limite de masses d'eau



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



O.D.E
Office Départemental de l'Eau
de la Martinique

Illustration 27 : Carte des teneurs en nitrates mesurées en saison sèche 2007

3.6.2. Ammonium (NH_4^+)

- L'ammonium dans le milieu naturel

L'ion ammonium est la forme la plus réduite de l'azote dans les eaux naturelles. Il a la propriété d'être fortement adsorbé sur les surfaces minérales. Les sources d'azote ammoniacal sont principalement les eaux météoriques (concentrations communes de 0.1 à 2 mg/l), la réduction des nitrates par des bactéries autotrophes ou par des éléments métalliques et la dégradation de la matière organique.

La concentration en ammonium est généralement faible dans les eaux souterraines (le plus souvent inférieure à 0.2 mg/l), principalement à cause de sa complexation avec des éléments du sol et son oxydation rapide en milieu oxygéné. De plus fortes concentrations sont possibles en milieu anoxique (teneurs pouvant atteindre 3mg/l). La présence de l'ion ammonium est ainsi caractéristique des nappes captives et peut être un indice d'une activité biogéochimique importante.

La valeur seuil provisoire retenue au niveau national est de 0.5 mg/l (valeur seuil à prendre avec précaution compte tenu des possibles influences du contexte géologique et hydrogéologique).

- Résultats et interprétation

Les sites ayant montré la présence d'ammonium sont figurés dans le tableau ci-dessous.

Indices de terrain	Indice BSS	Commune	Lieu-dit	Concentration en ammonium (mg/l)
NA1	1169ZZ0006	Marigot	Anse Charpentier	0.3
FNA3	1174ZZ0088	Gros Morne	La Borelli	0.2
SC1	1183ZZ0052	Rivière Pilote	Fougainville	0.1
SC3	1184ZZ0001	Diamant	Dizac	0.4

Illustration 28 : Concentrations en ammonium mesurées lors de la campagnes de saison sèche 2007

Aucun site de dépasse la valeur seuil provisoire de 0.5 mg/l retenue au niveau national.

La présence d'ammonium est indice d'une activité bactérienne importante : de ce fait, l'ammonium doit être suivi de paire avec les teneurs en matière organique.

Il est en effet constaté pour le site SC3 (commune du Diamant) une corrélation entre la concentration en ammonium et l'oxydabilité au permanganate.

3.7. MICROPOLLUANTS MINERAUX

Au total, 12 micropolluants minéraux ont été recherchés lors de la campagne de saison sèche 2007. Le tableau suivant les présente accompagnées des limites de quantification du laboratoire et des concentrations maximales admissibles issues de la Directive 98/83/CE relative aux eaux destinées à la consommation humaine (dans l'attente des seuils définitifs fixés par la DCE).

Nom	Limite de quantification (donnée laboratoire)	Concentrations maximales admissibles Directive 98/83/CE
Antimoine (Sb)	5 µg/l	5 µg/l
Arsenic (As)	5 µg/l	10 µg/l
Bore (B)	10 µg/l	1000 µg/l
Cadmium (Cd)	2 µg/l	5 µg/l
Chrome total (Cr)	5 µg/l	50 µg/l
Cuivre (Cu)	2 µg/l	2000 µg/l
Cyanures (CN)	0,01 mg/l	50 µg/l
Mercure (Hg)	0,05 µg/l	1 µg/l
Nickel (Ni)	5 µg/l	20 µg/l
Plomb (Pb)	2 µg/l	10 µg/l
Sélénium (Se)	10 µg/l	10 µg/l
Zinc (Zn)	5 µg/l	5 mg/l

Illustration 29 : Tableau de synthèse des micropolluants minéraux recherchés

L'illustration 30 présente la répartition des quantités d'éléments traces retrouvées au cours de la campagne de saison sèche 2007. Le bore, le cuivre et le zinc sont détectés sur tous les sites du réseau. Ces éléments sont présents naturellement dans le milieu souterrain. Cependant, l'origine de ces teneurs reste à déterminer. La concentration en cuivre de 387µg/l mesurée sur le site N4 (commune de Basse Pointe) n'est probablement pas naturelle. Les propriétés naturelles du cuivre sont telles que les fonds géochimiques naturels de cet élément ne dépassent pas quelques µg/l (Chery, 2006). Les teneurs en arsenic dépassent de manière légère le seuil de 10 µg/l de la Directive 98/83/CE sur les stations NA1 (commune de Marigot) et NC2 (commune de Schoelcher). Ces sites nécessiteront un suivi attentif lors des prochaines campagnes. Il s'agira notamment de confirmer la présence d'arsenic et de suivre l'évolution des concentrations. De l'antimoine a été détecté à une concentration de 24 µg/l sur le site NC1 (St Pierre – CDST). Cette concentration est 5 fois supérieure au seuil de 5µg/l. L'origine de cet élément devra être précisée.

Plusieurs micropolluants organiques ont ainsi été détectés lors de la campagne de saison sèche 2007. La connaissance améliorée du fond géochimique de l'île de la Martinique permettra de caractériser de manière précise l'origine anthropique ou non de ces éléments.

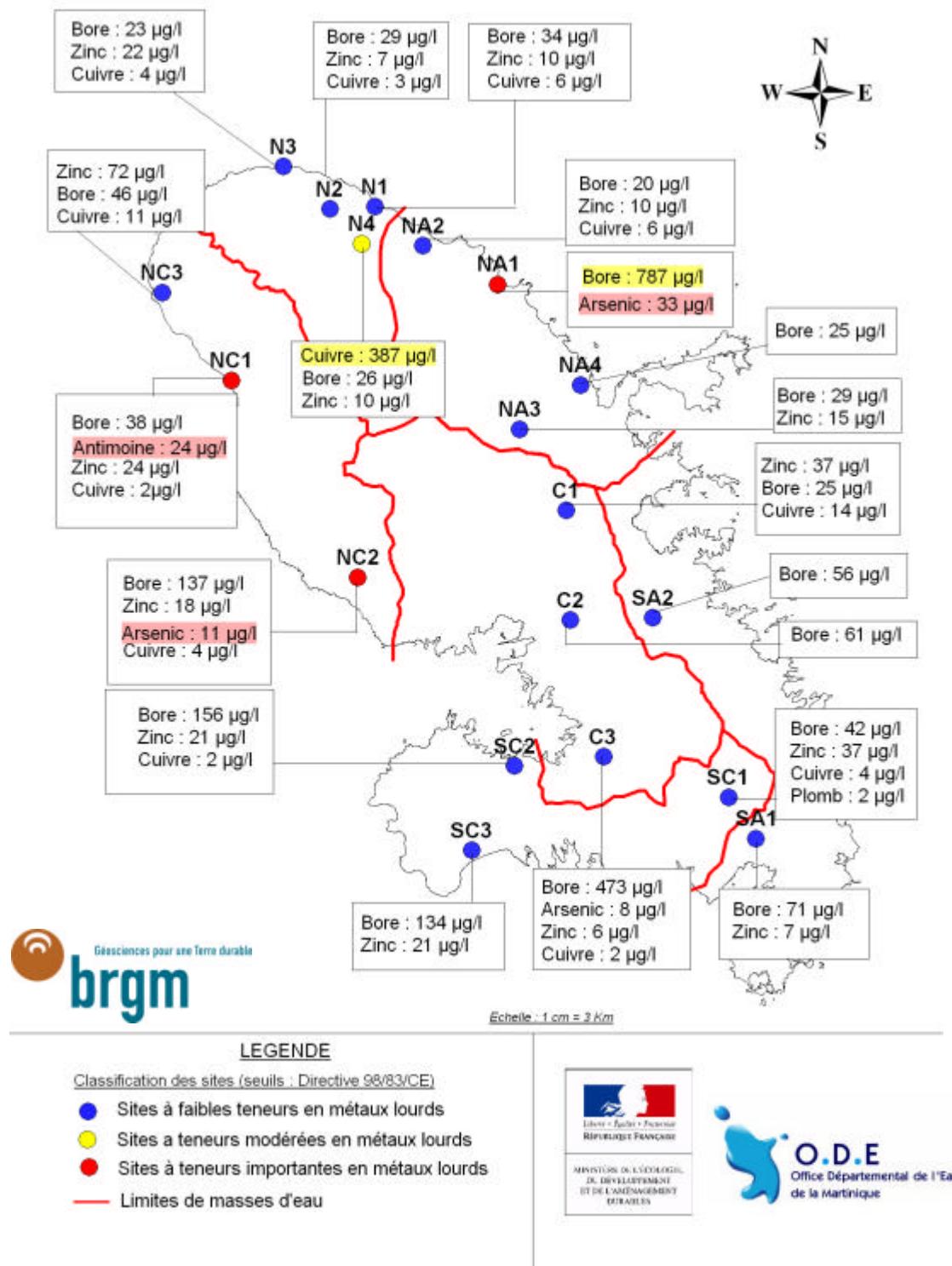


Illustration 30 : Carte de synthèse des métaux lourds retrouvés dans les eaux souterraines

3.8. PRODUITS PHYTOSANITAIRES

Au total, une liste de 132 molécules phytosanitaires a été dressée en concertation entre la DIREN et la DAF/SPV. Ces 132 molécules ont été recherchées sur l'intégralité du réseau de surveillance.

Conformément à la directive 2000/60/CE, les normes de qualité des eaux souterraines vis-à-vis des produits phytosanitaires s'élèvent à 0.1 µg/l par substance active et 0.5 µg/l pour la somme des substances actives.

Convention de représentation sur les graphiques :

Sous les graphiques ont été apposés les tableaux de valeurs respectifs des données. Au sein de ces tableaux, plusieurs cas de figures sont possibles :

- ⇒ *aucune valeur n'est indiquée : molécule non recherchée*
- ⇒ *valeur négative : molécule non quantifiée, la valeur indiquée après le signe – correspond à la limite de quantification de la molécule en question*
- ⇒ *valeur 0 : molécule détectée à des teneurs non quantifiables (traces non quantifiables)*
- ⇒ *Valeur : concentration effectivement mesurée*

Nota : Des informations concernant les molécules détectées et quantifiées sont présentées en annexe 2.

• **Basse Pointe – Chalvet (N1)**

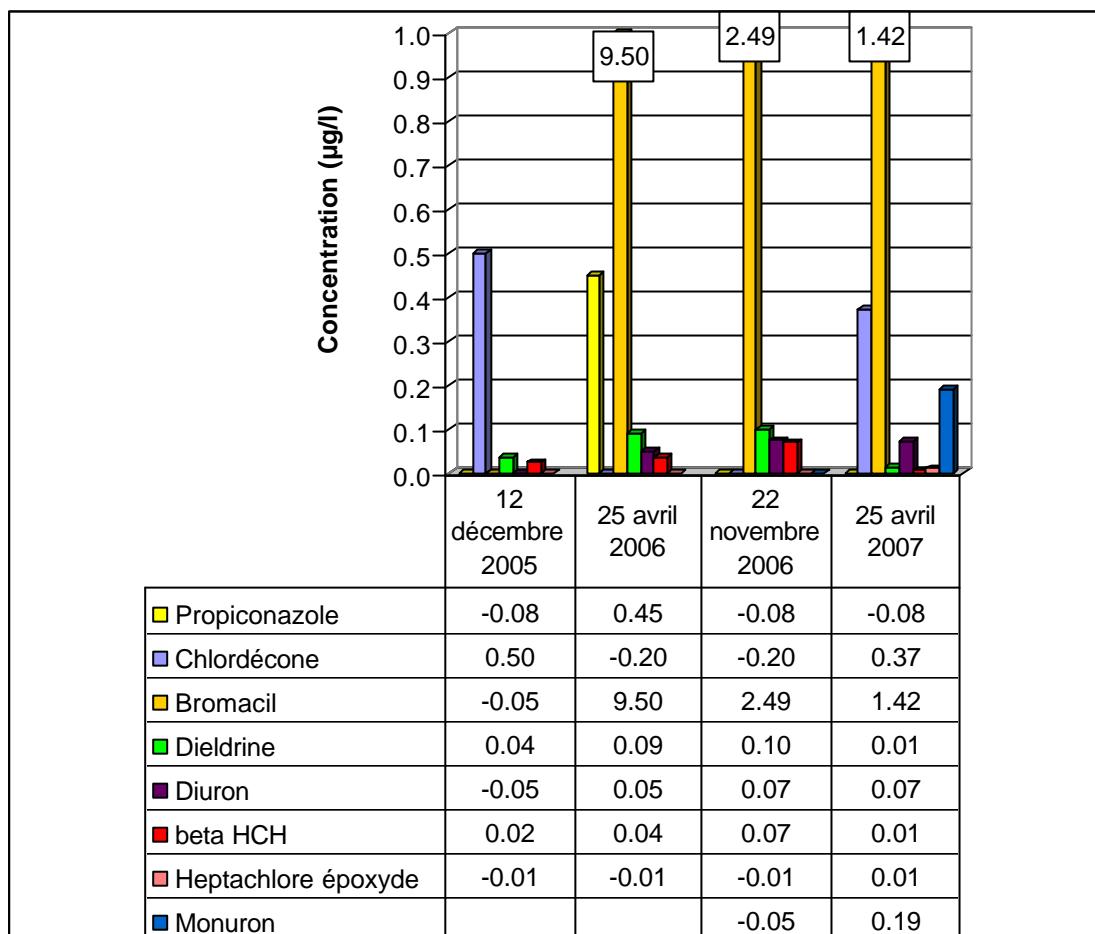


Illustration 31 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Basse Pointe – Chalvet.

Le site de Basse Pointe – Chalvet est situé dans le secteur Nord de l'île. Au cours de la campagne d'avril 2007, 7 molécules y ont été détectées dont un insecticide, nouvellement retrouvé, le **monuron**. Le **bromacil**, détecté depuis la saison sèche 2006 présente une teneur importante de 1.42 µg/l, mais démontre depuis les trois dernières campagnes une nette tendance à la baisse. Le **chlordécone** détecté pour la dernière fois en saison des pluies 2005 a été à nouveau détecté à une concentration de 0.37 µg/l. La **dieldrine**, a également été détectée à une concentration de 0.01 µg/l, soit la concentration la plus faible des 4 dernières campagnes. Le **diuron** a également été détecté. Le **béta HCH** et l'**heptachlore époxyde** ont été détectés à des concentrations proches des limites de quantification.

- **Basse Pointe – Source Socco-Gradis (N2)**

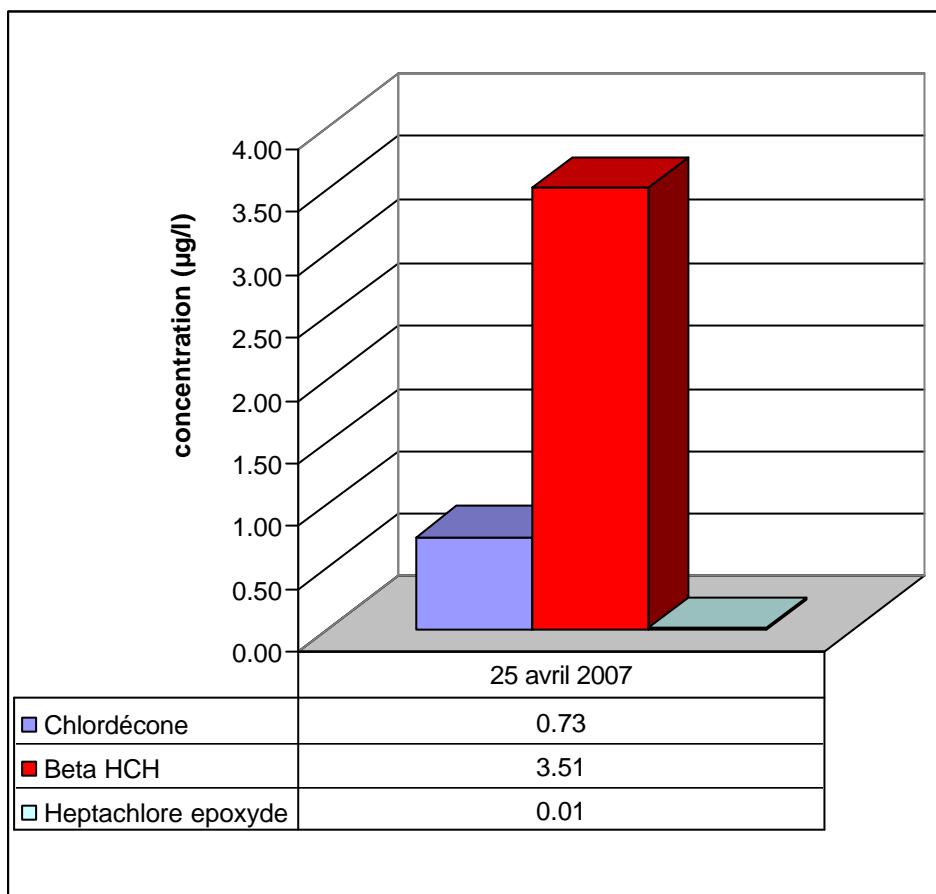


Illustration 32 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Basse Pointe – Source Socco Gradis

La première campagne d'analyses effectuée sur la source Socco Gradis, située dans le secteur Nord de l'île a montré la présence de **chlordécone** et de **béta HCH**, à des concentrations très importantes, et dans une moindre mesure d'**heptachlore époxyde**.

- **Macouba – Source Nord plage (N3)**

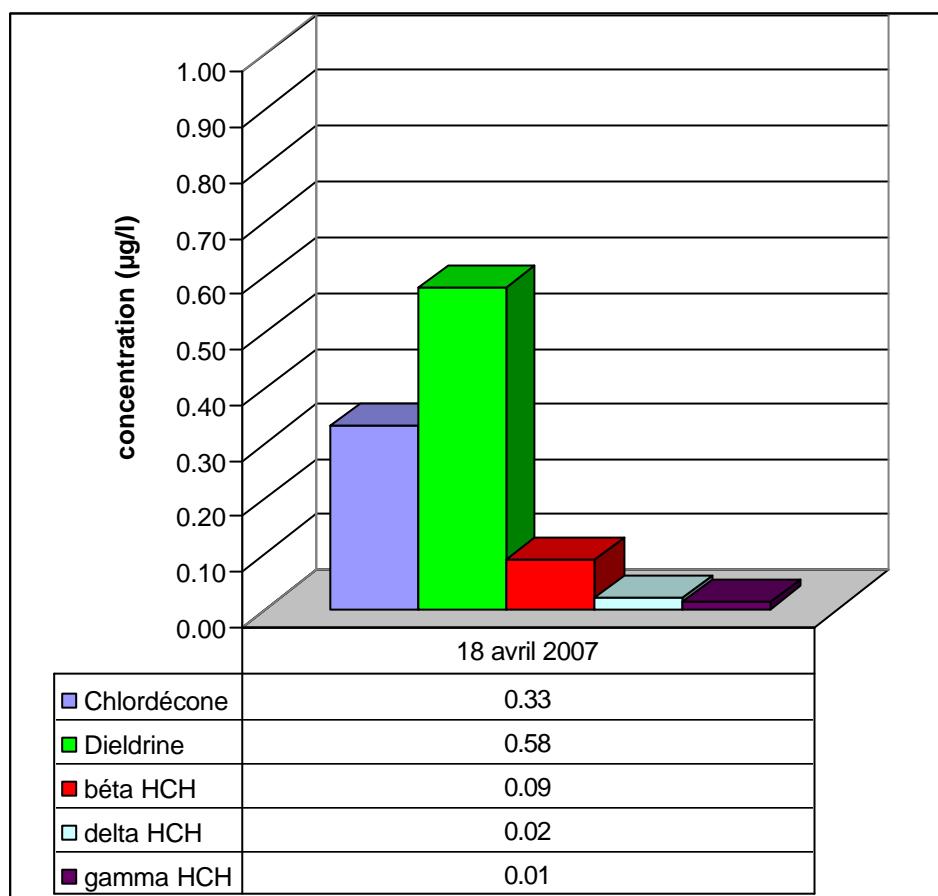


Illustration 33 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Macouba – Source Grande Plage

La source Nord plage est située sur la commune de Macouba dans le nord de l'île. Les seules données disponibles sont celles du 18 avril 2007. Au total, 5 molécules y ont été détectées. Le chlordécone et la dieldrine sont prédominants, à des concentrations respectives de 0.33 et 0.58 $\mu\text{g/l}$. Le bêta, delta et gamma HCH ont également été détectés.

- Marigot – Anse Charpentier (NA1)

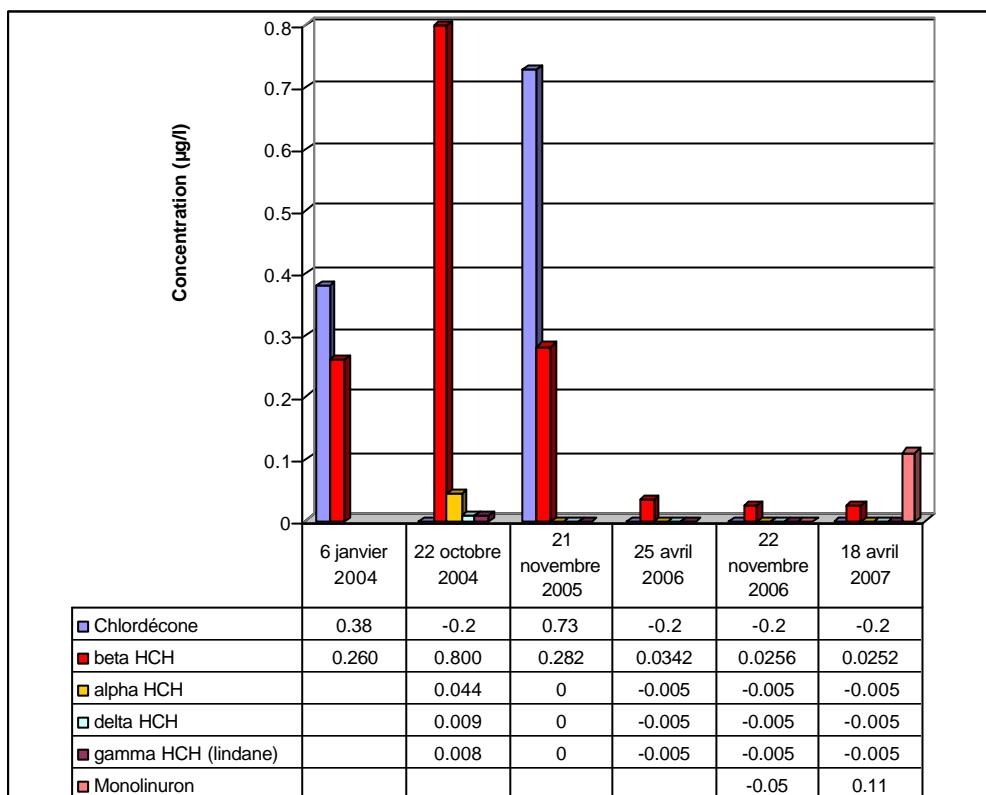


Illustration 34 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Marigot – Anse Charpentier

Le site de l'Anse Charpentier, situé sur la commune de Marigot fait l'objet de recherches en pesticides depuis le mois de janvier 2004. D'une manière générale, on constate une diminution progressive des concentrations en produits phytosanitaires détectés sur ce site. Le prélèvement effectué le 18 avril 2007 ne montre en effet que la présence de **béta HCH** et de **monolinuron** (herbicide dernièrement recherché). La quantité de béta HCH détecté est par ailleurs la plus faible de l'ensemble des campagnes. Le chlordécone n'a pas été détectée depuis la campagne de saison sèche 2006.

L'évolution des teneurs en béta HCH (et notamment la tendance à la baisse actuellement constatée) devra faire l'objet d'une attention particulière lors des prochaines campagnes. Le Monolinuron, molécule dernièrement recherchée devra également faire l'objet d'un suivi attentif compte tenu de la teneur mise en évidence ($0.11\mu\text{g/l}$).

• Le Lorrain – Fond Brûlé (NA2)

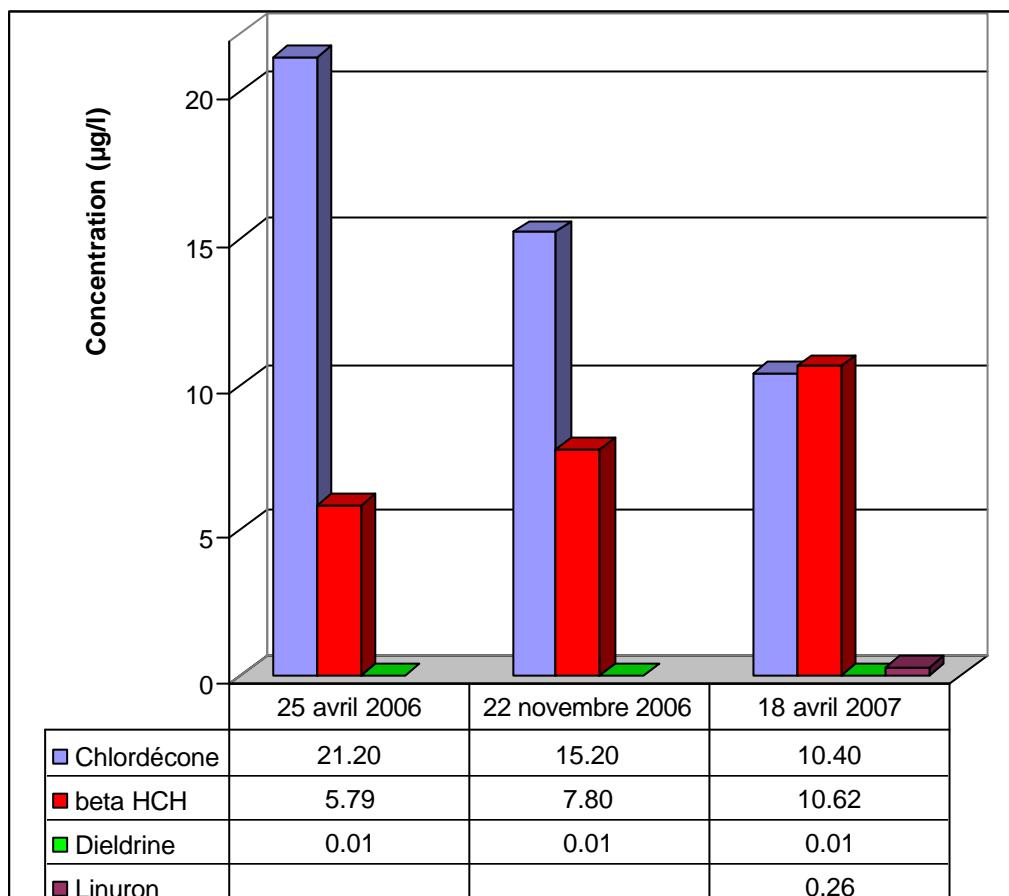


Illustration 35 : produits phytosanitaires détectés sur le site du Lorrain – Fond Brûlé

Le site de Fond Brûlé, situé sur la commune du Lorrain, fait l'objet de recherches en produits phytosanitaires depuis le mois d'avril 2006. Au cours des trois dernières campagnes, le **Chlordécone** et le **béta HCH** ont été détectés à des teneurs très importantes. La **Dieldrine** et, dernièrement le **Linuron**, apparaissent à des concentrations bien inférieures.

On remarque une tendance globale à la hausse des concentrations pour le béta HCH et à la baisse pour le Chlordécone. Ces tendances devront être vérifiées lors des prochaines campagnes d'analyses.

Le Linuron, détecté à une teneur importante de 0.26 µg/l, devra être suivi sur ce site lors des prochaines campagnes avant d'en tirer des conclusions.

- **Gros Morne – La Borelli (NA3)**

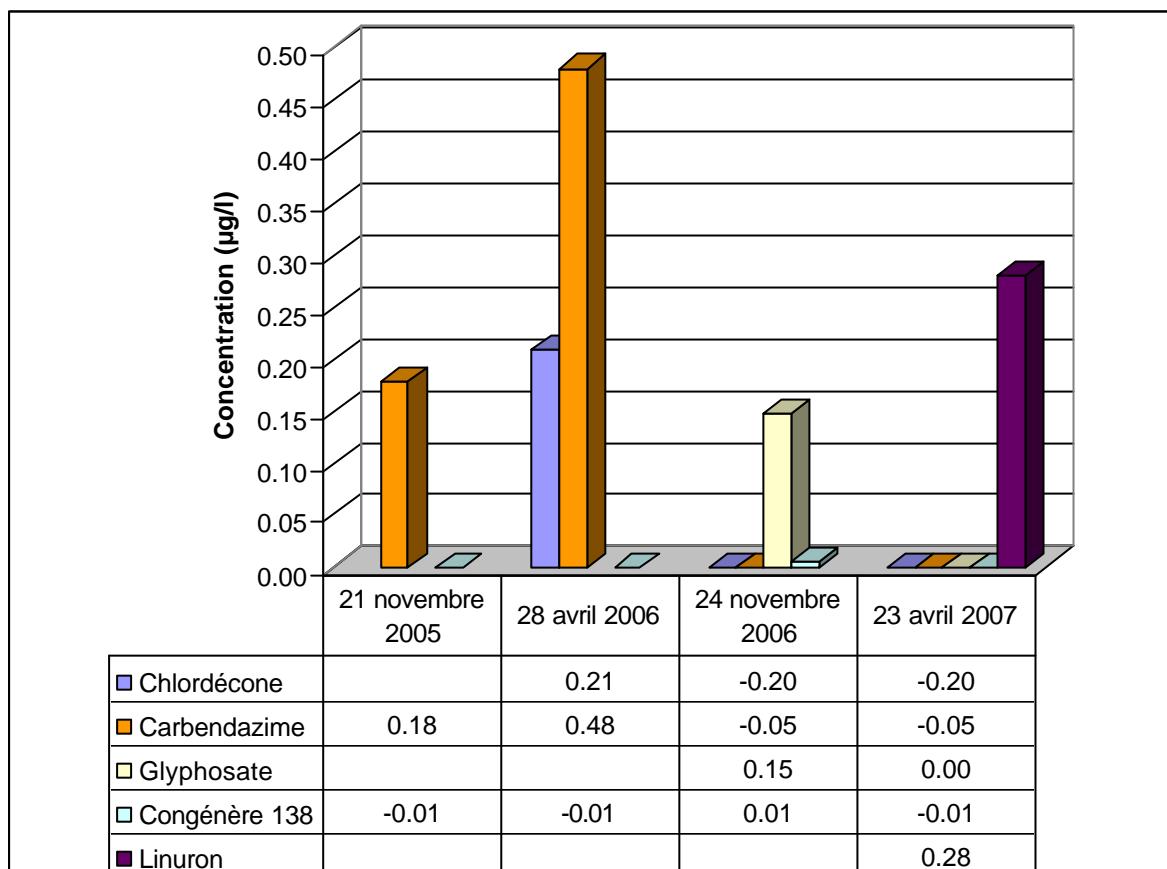


Illustration 36 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Gros Morne – La Borelli

Le site de la Borelli, situé sur la commune de Gros Morne, a fait l'objet de recherches en produits phytosanitaires depuis le mois de novembre 2005. Les molécules détectées lors des précédentes analyses, telles que la Chlordécone, le Carbendazime, le glyphosate et le congénère 138, n'ont pas été détectés lors de la campagne de saison sèche 2007.

Seul le Linuron a été détecté, à une concentration importante de 0.28 µg/l. Cette molécule dernièrement recherchée sur ce site devra donc faire l'objet d'un suivi particulier lors des prochaines campagnes.

• Trinité – Source Morne Figue (NA4)

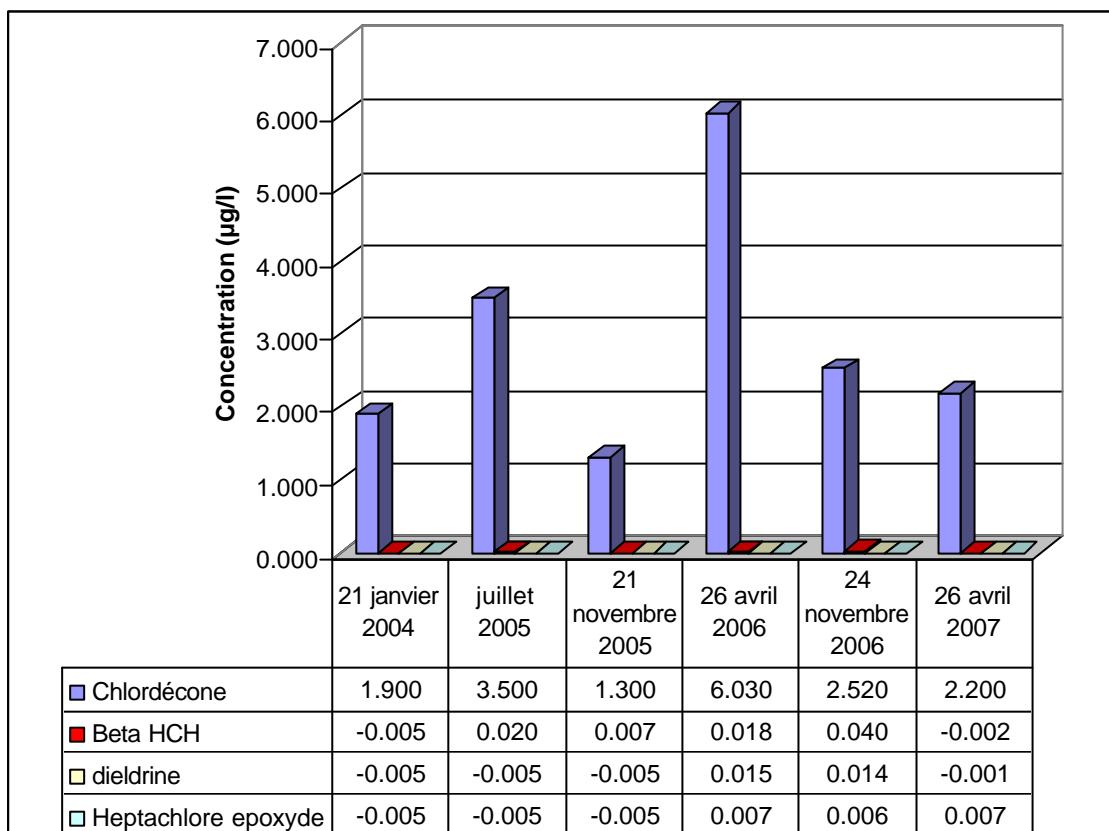


Illustration 37 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Trinité – Source Morne Figue

Le site de la source Morne Figue, situé sur la commune de Trinité, fait l'objet de recherches en produits phytosanitaires depuis le mois de janvier 2004. Au total, 6 campagnes d'analyses y ont été réalisées. Le **Chlordécone** y a été détectée à chaque fois. Il apparaît en avril 2007 à une concentration de 2.2 µg/l. Aucune tendance d'évolution significative n'est remarquée.

Le béta HCH et la Dieldrine, détectés de manière ponctuelle lors des deux campagnes effectuées en 2006 (saison sèche et saison des pluies) n'ont pas été détectés en saison sèche 2007. Les teneurs mises en évidence étaient toutefois proches des limites de quantification.

Des traces d'**heptachlore époxyde** ont une fois de plus été détectées lors de la campagne de saison sèche 2007.

La concentration est toutefois très proche de la limite de quantification de 0.005 µg/l. Aucune évolution significative n'est ainsi à signaler.

- St Pierre – CDST (NC1)

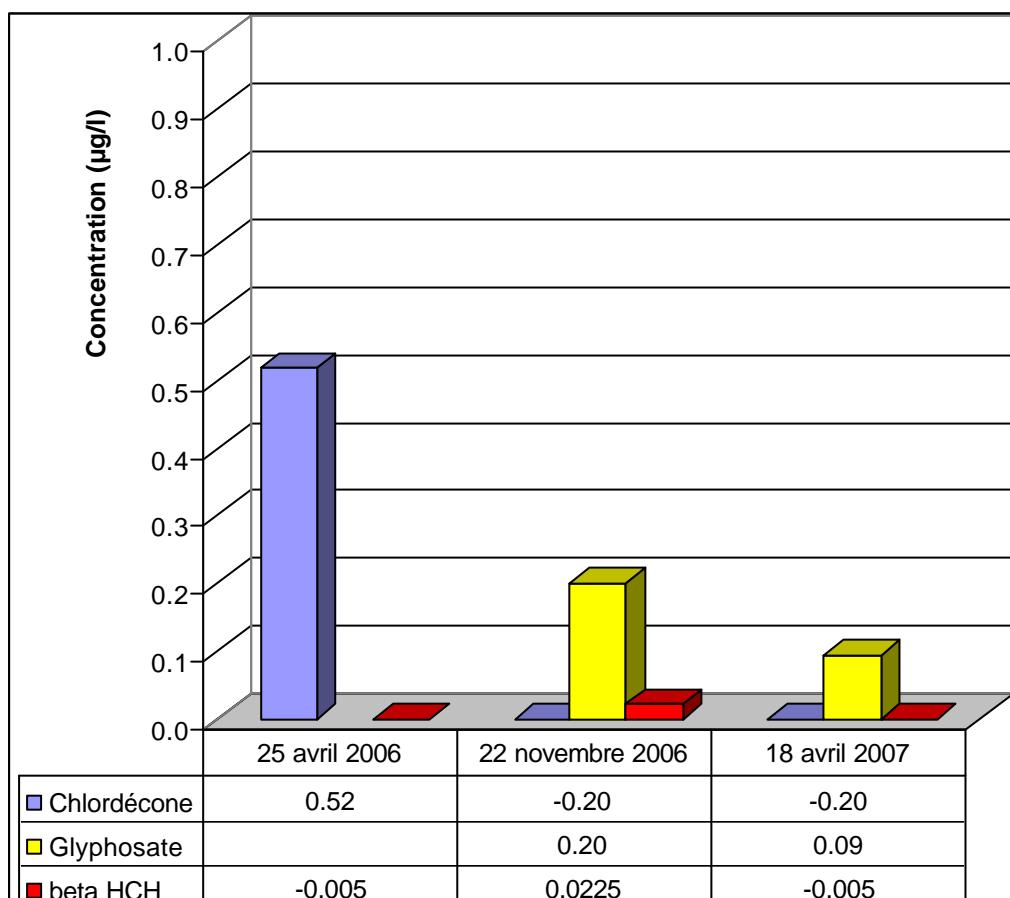


Illustration 38 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de St Pierre - CDST

Le site du CDST situé sur la commune de St-Pierre sur la côte Caraïbe fait l'objet de recherches en produits phytosanitaires depuis le mois d'avril 2006. Au total, 3 campagnes y ont été réalisées. La campagne de saison sèche 2007 a révélé uniquement la présence de **glyphosate**, à une concentration de 0.09 µg/l.

Le Chlordécone et le béta HCH, détectés de manière ponctuelle lors des deux campagnes antérieures, n'ont pas été détectés en saison sèche 2007.

- Prêcheur – Rivière du Prêcheur (NC3)

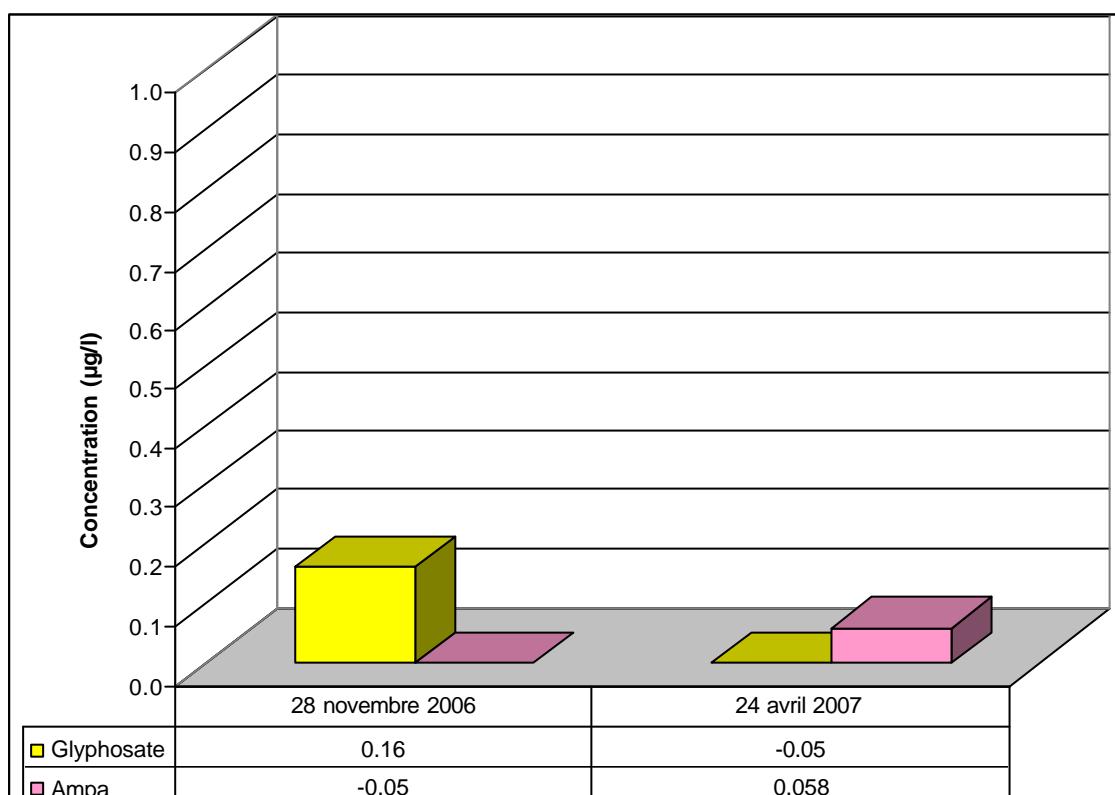


Illustration 39 : Produits phytosanitaires détectés sur le site du Prêcheur – Rivière du Prêcheur

Le site situé sur la commune du Prêcheur a fait l'objet de deux campagnes, en saison des pluies 2006 et en saison sèche 2007.

Les deux molécules détectées sont le **glyphosate** et son produit de dégradation l'**AMPA**. Ces deux molécules n'ont pas été détectées de manière simultanée mais de manière différée. Le glyphosate, détecté en novembre 2006 à une concentration de 0.16 µg/l n'a pas été quantifié en avril 2007, tandis que l'AMPA est apparu en avril 2007.

Ces deux molécules devront faire l'objet d'un suivi particulier lors des prochains contrôles de surveillance.

- **Basse Pointe – Chez Lélène (N4)**

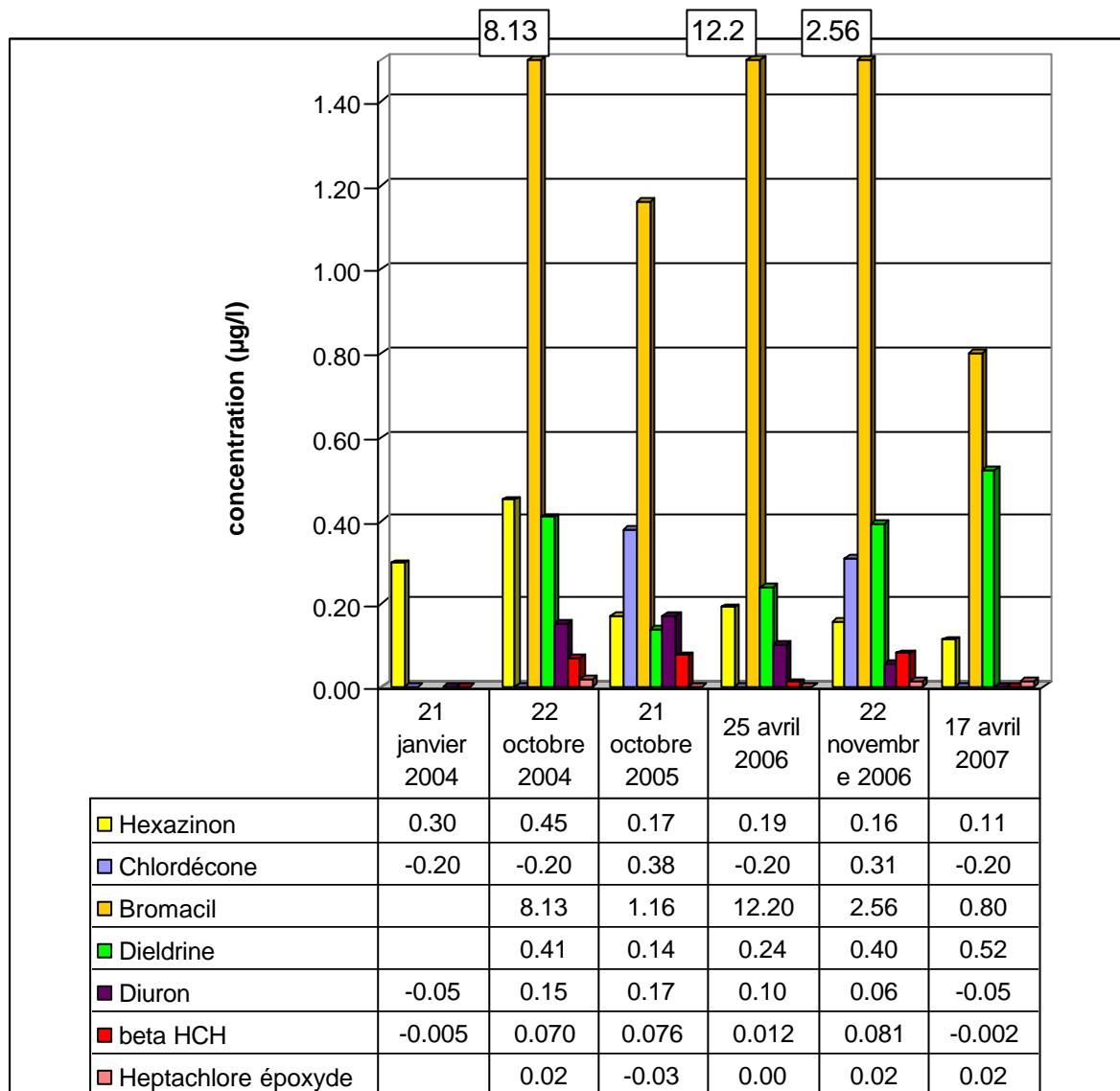


Illustration 40 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Basse Pointe – Rivière Falaise

Le site de Rivière Falaise est situé sur la commune de Basse Pointe, dans le nord de l'île. Au cours des 6 campagnes de recherches de produits phytosanitaires, de nombreuses molécules y ont été détectées.

La campagne de saison sèche 2007 a montré la présence de **Bromacil**, d'**Hexazinone**, de **Dieldrine** et d'**Heptachlore époxyde**.

Le Bromacil semble présenter depuis le mois d'octobre 2004 une tendance à la baisse. La teneur de 0.8 µg/l détectée en saison sèche 2007 est en effet bien inférieure à la

teneur de 12.2 µg/l détectée en avril 2006. Le comportement de cette molécule devra être suivi lors des prochaines campagnes de surveillance.

L'**hexazinone** présente une concentration beaucoup plus faible, de l'ordre de 0.1 µg/l. On distingue également pour ce produit une légère tendance à la baisse. Cette tendance reste approximative et imprécise compte tenu du manque de recul. Le comportement de cette molécule devra ainsi être suivi lors des prochaines campagnes d'analyse.

La Dieldrine est détectée à chaque campagne à des concentrations comprises entre 0.1 et 0.5 µg/l, et ne semble pas montrer de signe notable d'évolution.

De même, l'Heptachlore époxyde ne semble pas montrer d'évolution significative. DéTECTé de manière ponctuelle, à des concentrations proches de la limite de quantification, son évolution devra toutefois être suivie.

- **Le Robert – Vert Pré (C1)**

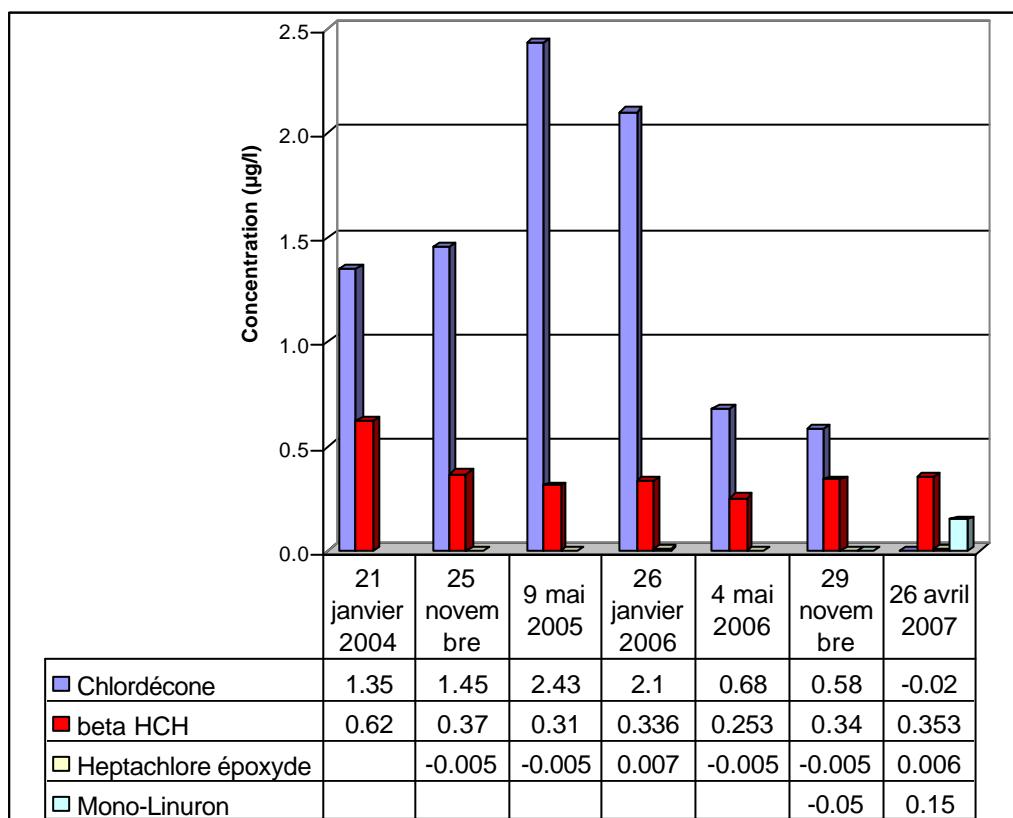


Illustration 41 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Gros Morne – Vert Pré

Le site de Vert Pré, situé sur la commune du Robert fait l'objet de recherches en produits phytosanitaires depuis le mois de janvier 2004. Le Chlordécone, marque depuis la campagne de saison sèche 2005 une nette tendance à la baisse puisqu'il s'est révélé non quantifié lors de la campagne de saison sèche 2007. Cette tendance nécessitera confirmation.

Les seules molécules détectées sont le **béta HCH**, l'**Heptachlore époxyde** et le **Monolinuron** (molécule dernièrement recherchée).

Parmi les 7 campagnes, le béta HCH montre des teneurs très stables comprises entre 0.3 et 0.6 µg/l. L'Heptachlore époxyde est par ailleurs détecté mais à des teneurs très proches des limites de quantification.

- **Le Marin – Grand Fond (SA1)**

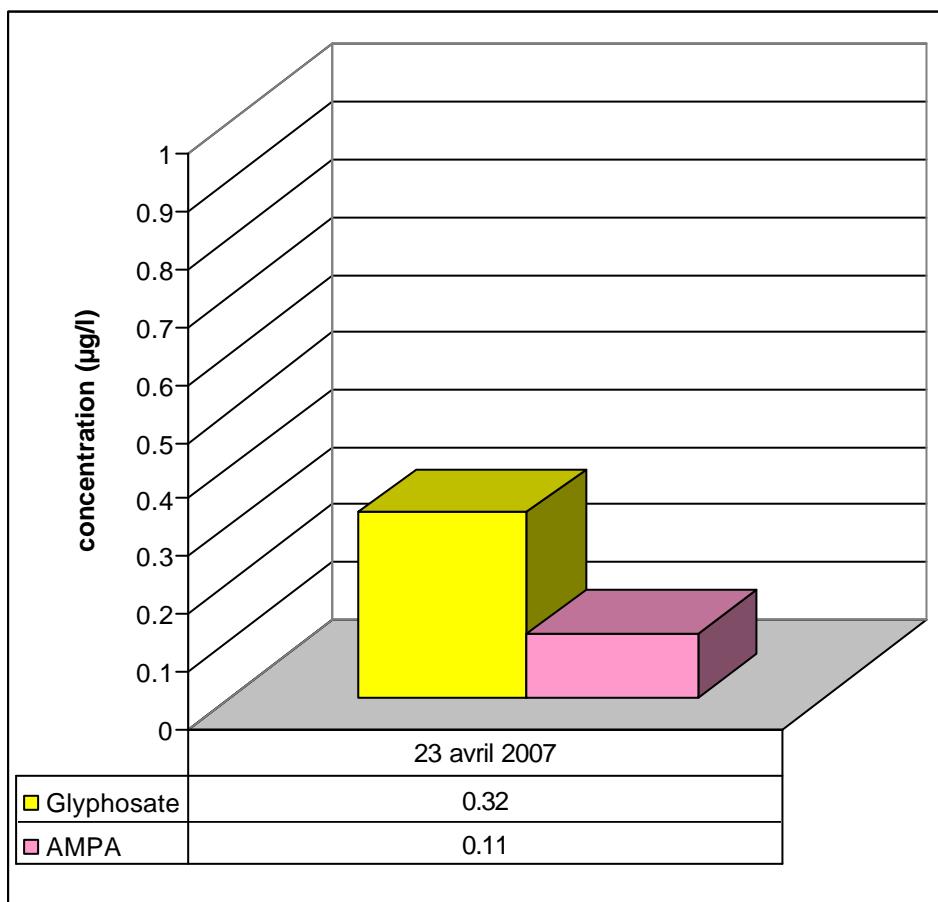


Illustration 42 : Produits phytosanitaires détectés sur le site du Marin – Grand Fond

Le site de Grand Fond, situé au Marin dans le sud de l'île, a montré, au cours de cette première campagne d'analyse, la présence de **glyphosate** et d'**AMPA** (métabolite de dégradation du glyphosate). Ces deux molécules ont été retrouvées à des

concentrations assez similaires de 0.32 et 0.11 µg/l respectivement. Leur présence sur ce site devra être surveillée lors des prochains contrôles de surveillance.

- **Rivière Pilote – Fougainville (SC1)**

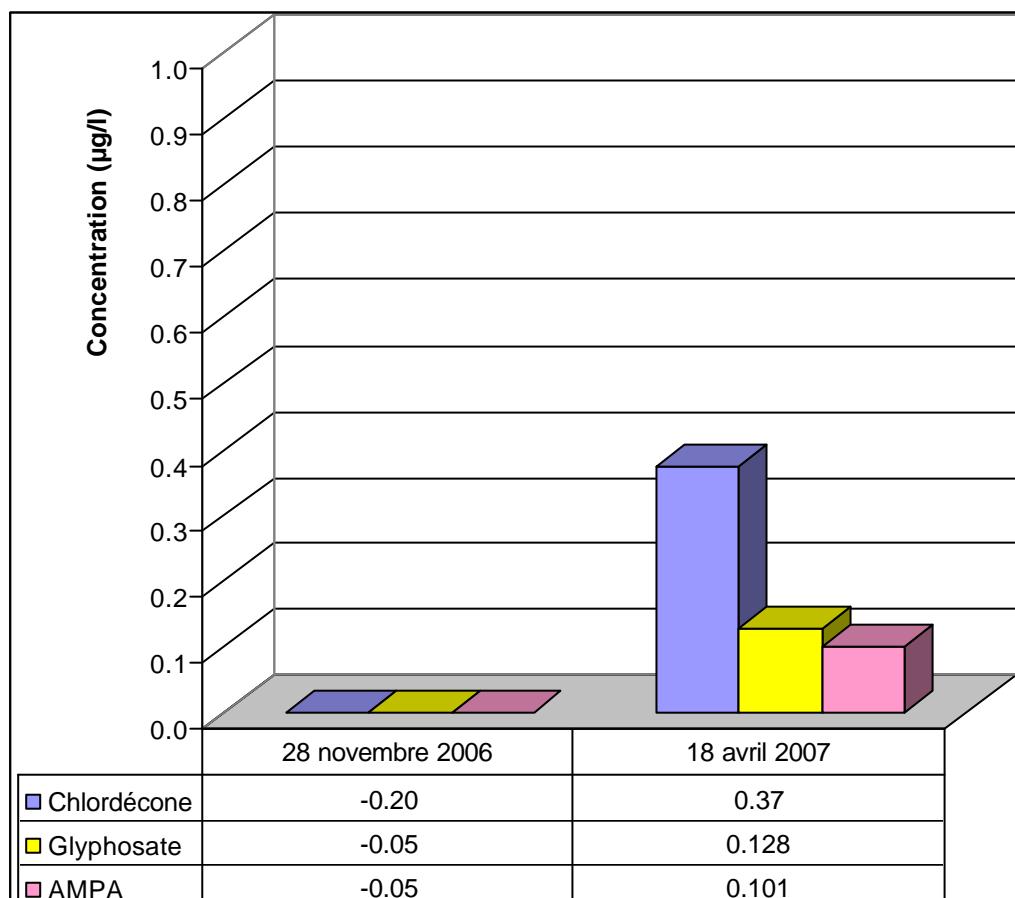


Illustration 43 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Rivière Pilote – Fougainville

Le site de Fougainville, situé sur la commune de Rivière Pilote, fait l'objet de campagnes d'analyses depuis le mois de novembre 2006. Les trois molécules détectées en saison sèche 2007, la Chlordécone, le Glyphosate et l'AMPA, n'avaient pas été quantifiées en saison des pluies 2006.

- **Trois Ilets – Vatable (SC2)**

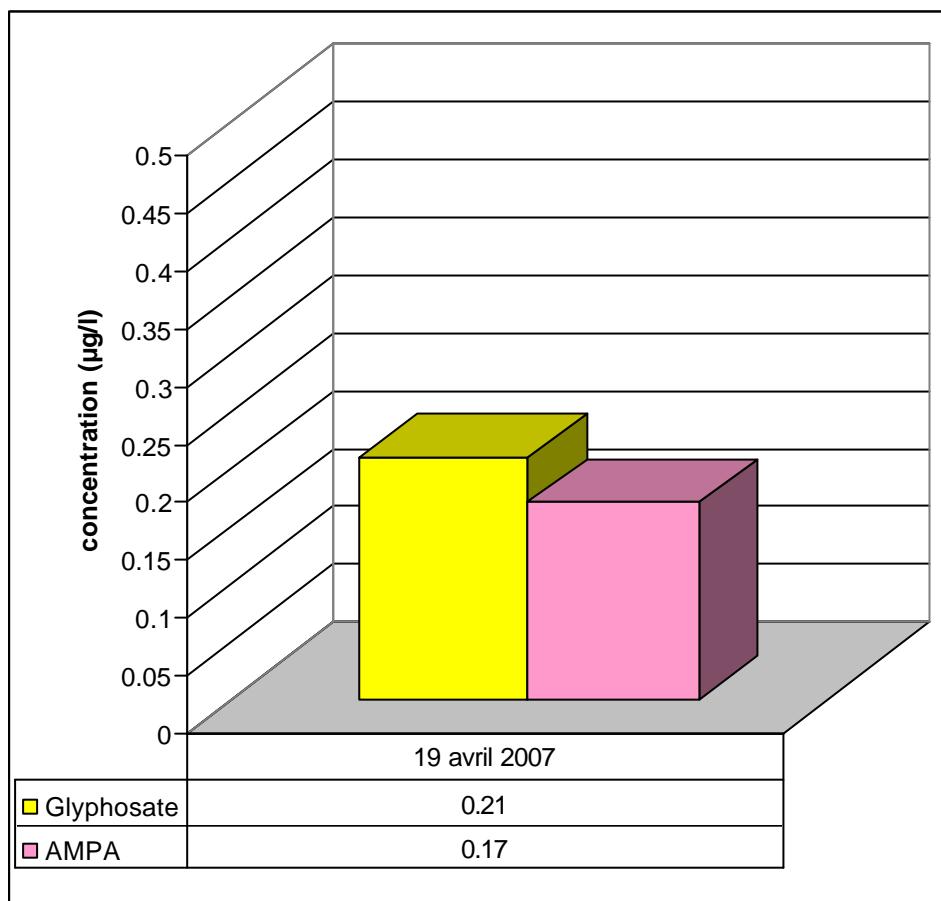


Illustration 44 : Produits phytosanitaires détectés sur le site de Trois Ilets - Vatable

Le site de Vatable, situé sur la commune de Trois Ilets a montré, lors de cette première campagne d'analyse, la présence de glyphosate et d'AMPA, à des teneurs assez similaires de 0.21 et 0.17 $\mu\text{g/l}$ (Cf. site de Grand Fond – Commune du Marin).

- **Diamant – Dizac (SC3)**

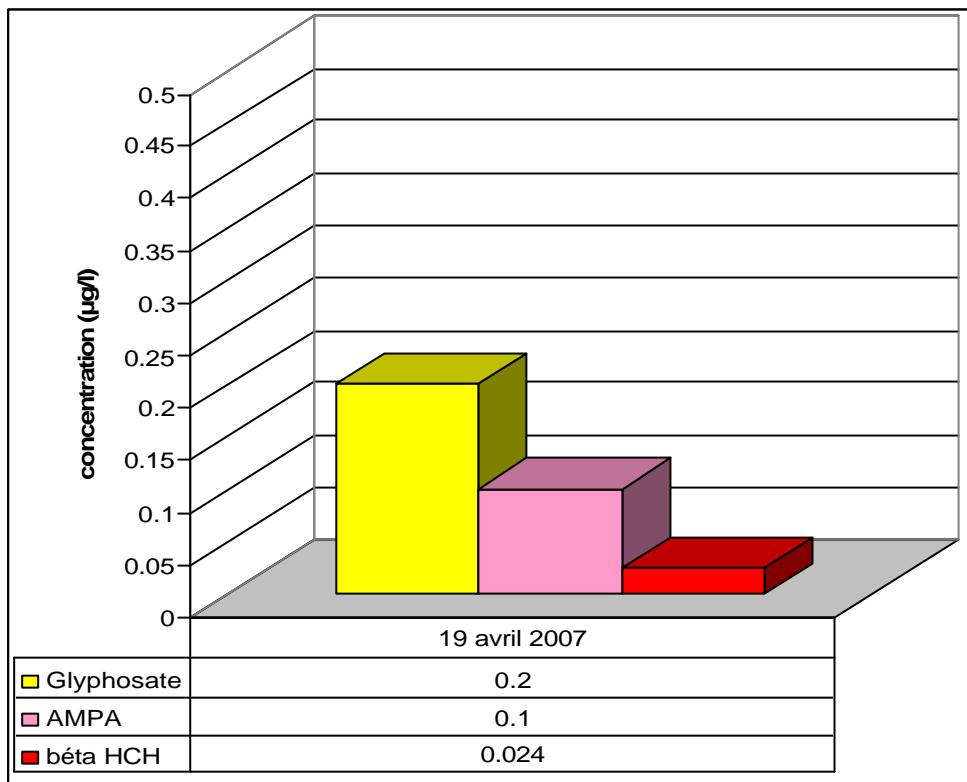


Illustration 45 : Produits phytosanitaires détectés sur le site du Diamant - Dizac

Le site de Dizac situé sur la commune du Diamant a également montré, lors de cette première campagne d'analyse, la présence de glyphosate et d'AMPA, à des teneurs respectives de 0.2 et 0.1 $\mu\text{g/l}$. Une quantité non négligeable de bêta HCH est également à signaler.

- **Le François – Habitation Victoire (SA2)**

Du Chlordécone a été détecté à une concentration de 0.24 $\mu\text{g/l}$.

- **Rivière salée – Nouvelle citée (C3) : RAS**
- **Lamentin – Habitation Ressource (C2) : RAS**
- **Schœlcher – Fond Lahaye (NC2) :**

De l'AMPA a été détecté à une concentration de 0.37 $\mu\text{g/l}$.

Une carte synthétique des produits retrouvés est présentée illustration 46.

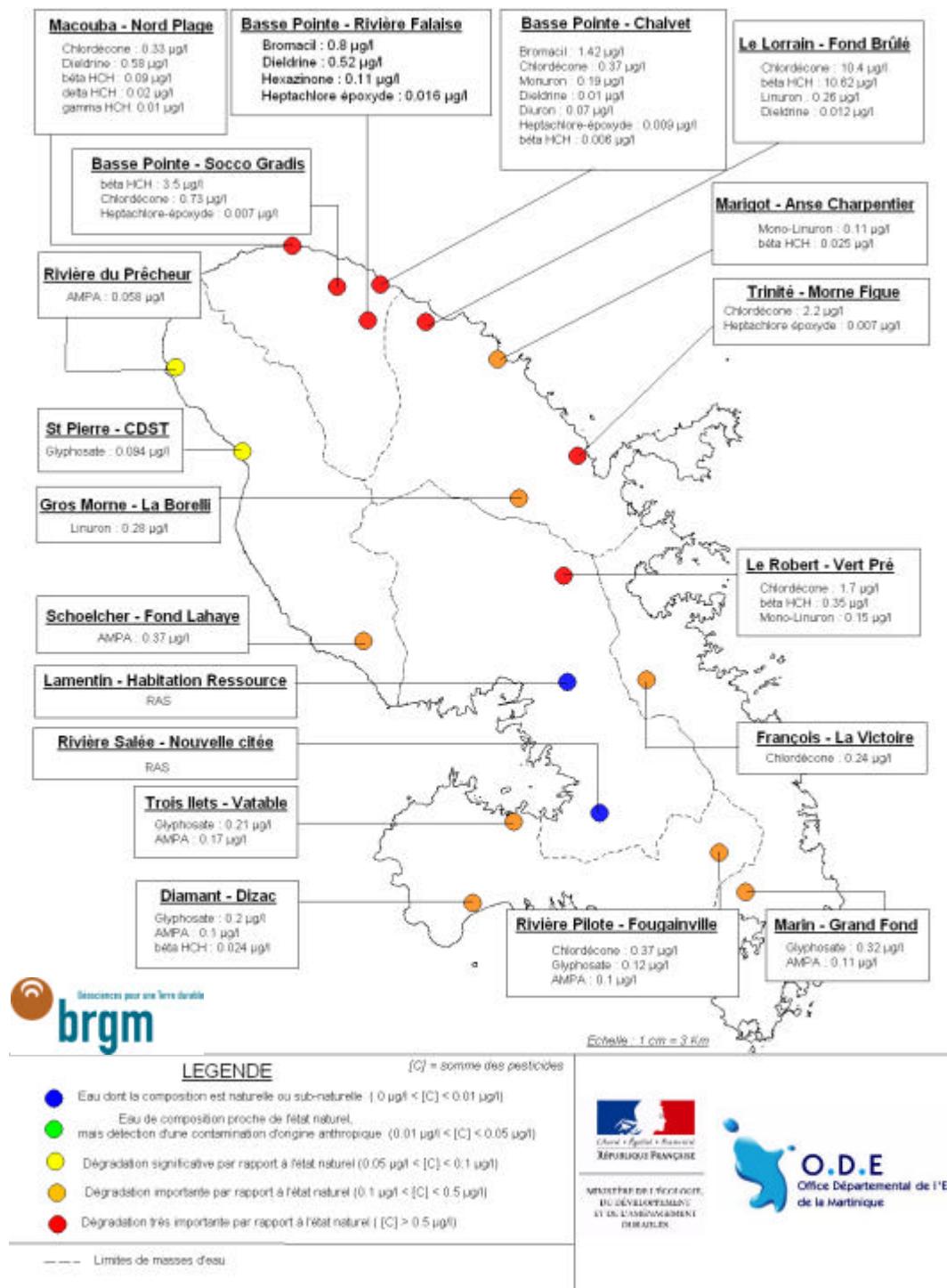


Illustration 46 : Carte récapitulative des pesticides détectés sur le réseau de surveillance en saison sèche 2007

L'illustration suivante présente les résultats en termes de nombre de détection durant la campagne de saison sèche 2007 :

	Molécule	Nb Détectionb en saison sèche 2007 (19 sites)	Total
Insecticides	Chlordécone	8	25
	Dieldrine	4	
	Heptachlore-époxyde	4	
	Béta HCH	7	
	Delta HCH	1	
	Gamma HCH	1	
Herbicides	Bromacil	2	15
	Diruon	1	
	Hexazinone	1	
	Linuron	3	
	Monuron	1	
	Monolinuron	2	
	Glyphosate	5	
-	AMPA	5	

Illustration 47 : Molécules détectées et nombre de détections sur le réseau

Le glyphosate, l'AMPA, le chlordécone et le béta HCH sont les molécules les plus fréquemment détectées.

D'une manière générale, les insecticides sont détectés d'avantage que les herbicides. Aucun fongicide n'a été détectée lors de cette campagne.

3.9. COMPOSÉS ORGANO-HALOGENES VOLATILS

Le tableau ci-dessous présente la liste des composés organiques volatils recherchés lors du contrôle de surveillance.

Nom	Limite de quantification
1,1,1-Trichloroéthane	0,5 µg/l
1,1-Dichloroéthane	10 µg/l
1,2,c-Dichloroéthylène	50 µg/l
1,2,t-Dichloroéthylène	50 µg/l
1,2-Dichloroéthane	3 µg/l
Chloroforme	1 µg/l
Chlorure de vinyle	1 µg/l
Dibromomonochlorométhane	1 µg/l
Dichloromonobromométhane	0,5 µg/l
Dichlorométhane	10 µg/l
Trichloroéthylène	0,5 µg/l
Tétrachloroéthylène	0,5 µg/l
Tétrachlorure de carbone	0,1 µg/l

Illustration 48 : Liste des micropolluants organiques recherchés sur le réseau de surveillance

La station SC3 située sur la commune du **Diamant (lieu dit « Dizac »)** a révélé la présence de **chloroforme** à une concentration de 2.7 µg/l, soit environ trois fois plus que la limite de quantification. Le chloroforme est un liquide hautement volatile. Excellent solvant pour de nombreux matériaux organiques (graisses, huiles, résines, cires, etc.).

Sa concentration sur ce site est faible mais problématique. Corrélée avec les teneurs en matières organiques, elle témoigne d'une contamination anthropique non négligeable dont la source devra être recherchée.

4. Synthèse des résultats au titre de la DCE

Les sites présentant des anomalies de concentrations de certains éléments ont été mis en évidence dans le chapitre précédent. Les seuils de concentrations ne sont pas encore arrêtés de manière définitive pour de nombreux paramètres. Ainsi, les interprétations ont été effectuées à l'aide des seuils relatifs aux eaux destinées à la consommation humaine (Directive 98/83/CE et décret 2001-1220), et des seuils définis dans la méthodologie du « SEQ Eaux souterraines ».

L'objectif de cette synthèse est ainsi de fournir une vision d'ensemble des différentes altérations qualitatives rencontrées, dans l'attente des seuils définitifs de la DCE.

4.1. METHODOLOGIE ADOPTEE

Le contrôle de surveillance mis en place vise à fournir une image de l'état général des eaux et de son évolution. L'objectif est de fournir une aide à la décision concernant les mesures à prendre et les actions à mener par la suite (Cf. Contrôle opérationnel).

Dans ce cadre, une carte de synthèse a été réalisée pour indiquer la répartition spatiale des anomalies constatées (Illustration 49). Cette carte prend donc en compte toutes les altérations qualitatives confondues.

A la demande de la DIREN, et, dans l'attente des prescriptions de la DCE (seuils de qualité notamment), les résultats ont tous été traités selon la méthodologie du SEQ eaux souterraines. Les codes de couleurs et les légendes employées en illustration 49 et 50 se réfèrent à cette méthodologie.

4.2. ETAT DES MASSES D'EAU SELON LES PRESCRIPTIONS DE LA DCE

L'Illustration 49 ci après dresse un récapitulatif de l'état de la ressource en eau souterraine en Martinique, et des principales problématiques rencontrées sur les stations du réseau en saison sèche 2007.

Les micropolluants minéraux (métaux lourds), et les chlorures sont représentés sur la carte mais ne sont pas pris en compte dans la caractérisation qualitative dans l'attente d'une connaissance plus approfondie du fond géochimique. C'est le cas de deux stations situées sur la masse d'eau centre (communes du Lamentin et de Rivière Salée). Ces deux stations présentent respectivement des anomalies de concentrations en manganèse et en chlorures (Cf. § 1.1.1, § 3.4), dont l'origine (naturelle ou anthropique) n'est pas clairement définie.

Les produits phytosanitaires sont la principale source de dégradation des eaux étudiées et ce, sur l'intégralité des masses d'eau. La dégradation des eaux souterraines par les nitrates est mentionnée mais reste inférieure au seuil de 50 mg/l fixé par la Directive Cadre.

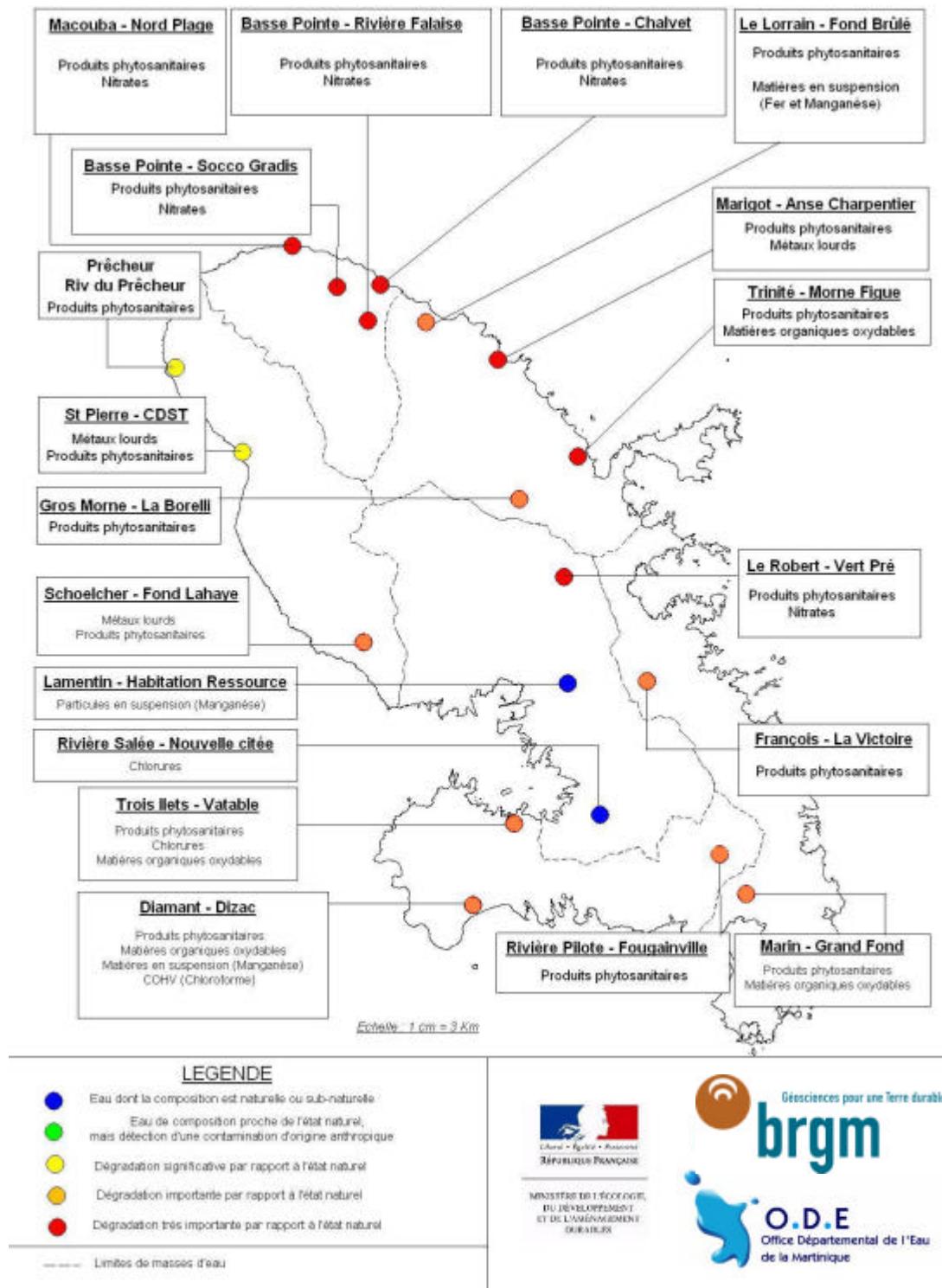


Illustration 49 : Carte récapitulative de l'état patrimonial de la ressource en eau souterraine en saison sèche 2007

Masse d'eau concernée	Indices de terrain (classement par code de couleur)	Indice BSS	Commune	Lieu-dit	Produits phytosanitaires	Nitrates	Matières organiques	Composés organo-halogénés volatiles
Nord 9201	N1	1166ZZ0026	Basse Pointe	Chalvet				
	N2	1166ZZ0019	Basse Pointe	Source Socco Gradis				
	N3	1166ZZ0023	Macouba	Source Grand Plage				
	N4	1168ZZ0054	Basse pointe	Chez Lélène				
Nord Atlantique 9202	NA1	1169ZZ0006	Marigot	Anse Charpentier				
	NA2	1169ZZ0084	Le Lorrain	Fond Brûlé				
	NA3	1174ZZ0088	Gros Morne	La Borelli				
	NA4	1175ZZ0153	Trinité	Source Morne Figue				
Nord Caraïbes 9203	NC1	1167ZZ0045	St Pierre	CDST				
	NC2	1177ZZ0161	Schœlcher	Fond Lahaye				
	NC3	1167ZZ0024	Prêcheur	Rivière du Prêcheur				
Centre 9204	C1	1175ZZ0106	Le Robert	Vert Pré – Usine Yoplait				
	C2	1179ZZ0070	Lamentin	Habitation Ressource				
	C3	1182ZZ0160	Rivière salée	Nouvelle cité				
Sud Atlantique 9205	SA1	1186ZZ0118	Le Marin	Grand Fond				
	SA2	1179ZZ0228	Le François	Habitation Victoire				
Sud Caraïbes 9206	SC1	1183ZZ0052	Rivière Pilote	Fougainville				
	SC2	1181ZZ0132	Trois Ilets	Vatable				
	SC3	1184ZZ0001	Diamant	Dizac				

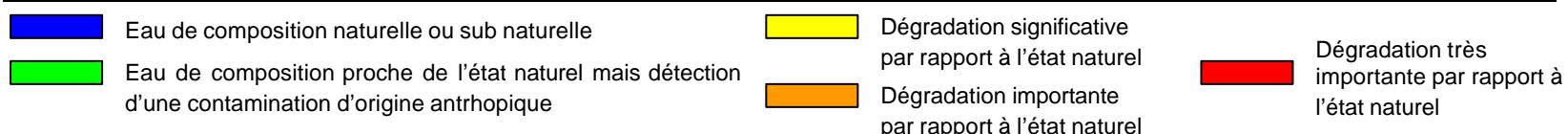


Illustration 50 : Etat qualitatif des eaux souterraines de Martinique en saison sèche 2007 - Référence à l'illustration 50 (codes de couleurs identiques)

5. Conclusion

L'article 8 de la Directive Cadre européenne sur l'eau (DCE) du 23 octobre 2000 (2000/60/CE) imposait aux Etats membres d'établir avant 2006 « des programmes de surveillance de l'état des eaux afin de dresser un tableau cohérent et complet de l'état des eaux au sein de chaque district hydrographique ». Dans ce cadre, un réseau de surveillance de l'état qualitatif des eaux souterraines a été dressé. Celui-ci comprend deux niveaux de contrôle : un contrôle de surveillance et un contrôle opérationnel. L'objectif du contrôle de surveillance est de fournir un état des lieux de la qualité des eaux souterraines de chaque district hydrographique afin de permettre à terme de détecter la présence de tendances à la hausse ou à la baisse de la pollution induite par l'activité anthropique. Ce rapport de campagne « saison sèche 2007 » s'inscrit dans le cadre du contrôle de surveillance.

Les analyses ont été effectuées sur les 19 sites du réseau. Elles ont concerné les paramètres physico-chimiques, les concentrations en éléments majeurs, les composés azotés, les concentrations en matières organiques oxydables, les matières en suspension, la minéralisation et la salinité, les micropolluants minéraux, les produits phytosanitaires et les composés organo-halogénés volatiles.

L'état des lieux de la qualité des eaux souterraines a été dressé sur la base de toutes ces analyses. L'interprétation des paramètres physico chimiques montre que les eaux analysées sont relativement pauvres en oxygène. Les températures relevées sont comprises entre 25 et 30°C et le pH est souvent proche de la neutralité.

Les teneurs en éléments majeurs ne montrent pas d'anomalie particulière, hormis certaines teneurs en chlorures élevées sur les stations de Rivière Salée et de Trois Ilets. La moitié des sites du réseau présente également des teneurs en nitrates révélatrices d'une contamination anthropique (concentrations supérieures à 10 mg/l) mais pour des concentrations toujours inférieures au seuil de qualité de 50 mg/l fixé par la directive cadre.

Les stations situées sur les communes du Diamant, Marin et Trois Ilets (stations SC3, SA1 et SC2) présentent des paramètres d'oxydabilité caractéristiques d'une légère pollution par des matières organiques.

La présence de micropolluants minéraux (cuivre, arsenic, antimoine) dans des concentrations supérieures aux normes du décret 2001-1220 est à signaler sur les stations situées sur les communes de St Pierre, Fond Lahaye, Gros Morne, Basse Pointe et Marigot. D'autres éléments traces métalliques ont également été détectés sur les autres stations du réseau mais dans des concentrations plus faibles. La connaissance approfondie du fond géochimique des eaux souterraines de Martinique permettra de préciser l'origine naturelle ou anthropique des éléments détectés.

L'état qualitatif des eaux souterraines est altéré par la présence de pesticides (présents sur plus de 75% du réseau). Les pesticides les plus rémanents (Chlordécone, béta HCH) sont détectés sur la quasi-totalité des campagnes effectuées

depuis 2004, avec des tendances parfois à la hausse, parfois à la baisse, délicates à analyser (manque de données et à l'influence des conditions climatiques). Ces molécules rémanentes ne sont cependant pas présentes sur la totalité du réseau. Le Glyphosate (herbicide) et l'AMPA (métabolite de dégradation du glyphosate), deux molécules nouvellement analysées, sont présentes sur près de la moitié des sites du réseau.

6. Bibliographie

Berner-Kay E., Berner R.A. (1987) – The Global Water Cycle. Geochemistry and Environment. Prentice Hall, 396 p.

Chery L. (2006) – Qualité naturelle des eaux souterraines. Méthode de caractérisation des états de référence français.

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

Comte J-P., Charguérion C., Négrel Ph. (2004) – Qualité des eaux souterraines de Martinique : état de référence pour un réseau de surveillance. BRGM/RP52997-FR, 59p., 33 ill., 4 ann.

Cottee S., Mouret C. (1977) – Etude hydrogéologique au Robert et dans la presqu'île des Trois Ilets – Compte rendu d'exécution des sondages et des pompages. Rapport BRGM 77ANT3.

Desprats Jf, Comte Jp, Chabrier Ch (2004) – cartographie du risque de pollution des sols de Martinique par les organochlorés – phase 3. BRGM/RP-53262.

Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000.

Gaillardet J., Dupre B., Allegre C.J., Négrel Ph. (1997) – Chemical and physical denudation in the Amazon river basin. Chem. Geol. 142: 141-173.

Gustafson D.I. (1989) – Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. Environmental Toxicology and Chemistry, 8 : 339-357.

Index Phytosanitaire Acta (2005).

Malcuit E., Vittecoq B., Baran N., Negrel Ph. (2006) – Suivi de la qualité des eaux souterraines de Martinique, campagne de saison des pluies 2005 : résultats et comparaison avec la 1ère campagne de basses eaux (2004) et 1ère campagne de saison des pluies (2004). BRGM/RP-54717-FR. 110 p., 39 ill., 3 cartes., 5 ann.

Meybeck M. (1986) – Composition chimique des ruisseaux non pollués en France. Sci. Géol. Bull. 39, 1: 3-77.

Négrel Ph., Allègre C.J., Dupré B., Lewin E. (1993) – Erosion sources determined from inversion of major, trace element ratios and strontium isotopic ratio in riverwater: the Congo Basin case. Earth, Planet. Sci. Lett. 120: 59-76.

Négrel Ph., Lachassagne, P., Laporte P. (1997) – Caractérisation chimique et isotopique des pluies de Cayenne (Guyane Française). C.R. Académie des Sciences 324: 379-386.

Négrel Ph., Millot R., Robert M., Cocherie A. (2006). Traçage isotopique du plomb dans les eaux : mesure directe par MC-ICP-MS et exemples d'application. SFIS - Société française des Isotopes stables - Nantes - France - 11-14/09/2006, pp 244.

Négrel Ph., Petelet-Giraud E., Casanova J., Kloppmann W. (2002) – Boron isotope signatures in the coastal groundwaters of French Guiana. Water Resources Research. 10.1029/2002WR001299.

Ollagnier S., Vittecoq B. (2007). Suivi de la qualité des eaux souterraines de Martinique, campagne de saison des pluies 2006, Résultats et interprétation. Rapport BRGM/RP-55499-FR, 81p., 50 ill., 2 ann.

Paulin Ch. (1979) – Recherche d'eau souterraine en Martinique. Résultats de la campagne de reconnaissance par sondages mécaniques. Rapport BRGM 79ANT20.

Agences de l'eau et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (2002), Le système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines (SEQ eau souterraines), Rapport de présentation, version 0, 66p.

Stollsteiner P., Lachassagne P., Paulin Ch., Neel F. (2000) – Bilan des connaissances hydrogéologiques de la Martinique – Volume 1 – Rapport BRGM RP-50 071-FR, 137 p., 1 fig., 7 tab., 5 annexes, 1 annexe hors texte

Vittecoq B., Negrel Ph. (2005) – Suivi de la qualité des eaux souterraines de Martinique, 2ème campagne 2004 (saison des pluies) : résultats et comparaison avec la 1ère campagne de basses eaux. BRGM/RP-53838-FR. 63 pages, 4 tableaux, 27 figures, 6 cartes, 3 annexes.

Annexe 1

Paramètres analysés

Physico-chimie in situ	Température, Conductivité, pH, Potentiel d'oxydo-réduction (Eh), Oxygène dissous
Eléments majeurs	Hydrogénocarbonates (HCO_3^-), Carbonates (CO_3^{2-}), Chlorures (Cl^-), Sulfates (SO_4^{2-}), Calcium (Ca^{2+}), Magnésium (Mg^{2+}), Sodium (Na^+), Potassium (K^+)
Matières organiques oxydables	Oxydabilité au KMnO_4 à chaud en milieu acide, Carbone Organique Dissous (COD)
Matières en suspension	Fer total et Manganèse total
Minéralisation et salinité	Dureté totale, Silicates (SiO_2), Fluorures (F ⁻)
Composés azotés	Nitrates (NO_3^-), Ammonium (NH_4^+)
Micropolluants minéraux	Antimoine (Sb), Arsenic (As), Bore (B), Cadmium (Cd), Chrome total (Cr tot), Cuivre (Cu), Cyanures (CN ⁻), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Sélénium (Se), Zinc (Zn).

Physico-chimie in situ	Température
	Conductivité
	pH
	Potentiel d'oxydo-réduction (Eh)
	Oxygène dissous
Eléments majeurs	Hydrogénocarbonates (HCO_3^-)
	Carbonates (CO_3^{2-})
	Chlorures (Cl^-)
	Sulfates (SO_4^{2-})
	Calcium (Ca^{2+})
	Magnésium (Mg^{2+})
	Sodium (Na^+)
	Potassium (K^+)
Matières organiques oxydables	Oxydabilité au KMnO_4 à chaud en milieu acide
	Carbone Organique Dissous (COD)
Matières en suspension	Turbidité
	Fer total
	Manganèse total
Minéralisation et salinité	Dureté totale
	Silicates (SiO_2)
	Fluorures (F^-)
Composés azotés	Nitrates (NO_3^-)
	Ammonium (NH_4^+)
Micropolluants minéraux	Antimoine (Sb)
	Arsenic (As)
	Bore (B)
	Cadmium (Cd)
	Chrome total (Cr tot)
	Cuivre (Cu)
	Cyanures (CN^-)
	Mercure (Hg)
	Nickel (Ni)
	Plomb (Pb)
	Sélénium (Se)
	Zinc (Zn)
Micropolluants organiques	La liste des molécules phytosanitaires sera définie et mise à jour par la DIREN et la DAF/SPV en fonction des usages et pratiques en Martinique, Cf. Annexe 4.
Micropolluants organiques	Composés Organo-halogénés Volatils (COV) :
<i>Environnement rural</i>	<ul style="list-style-type: none"> - tétrachloroéthylène, - trichloroéthylène ou trichloroéthène, - chloroforme, - tétrachlorure de carbone - 1,1,1 trichloroéthane
Micropolluants organiques	Composés Organo-halogénés Volatils (COV) :
<i>Environnement industriel et/ou urbain</i>	<ul style="list-style-type: none"> - tétrachloroéthylène, - trichloroéthylène ou trichloroéthène, - chloroforme, - tétrachlorure de carbone - 1,1,1 trichloroéthane

Molécules recherchées		
2,4 DDD	Dicofol	Méthomyl
2,4 DDE	Disulfoton	Méthoxychlore
2,4 DDT	Diéldrine	Métobromuron
2,4,5-T	Difenoconazole	Métolachlor
2,4,D	Diméthénamide	Métoxuron
4,4' DDD	Dichlorvos	Métribuzine
4,4' DDE	Diméhoat	Métsulfuron Méthyle
4,4' DDT	Dinoterb	Monuron
Acétochlore	Diuron	Méthyl parathion
Alachlore	Désisopropylatrazine	Napropamide
Aldicarbe	Déséthylatrazine	Nicosulfuron
Aldrine	Endosulfan I	Néburon
Alphametrine	Endosulfan II	Oxadiazon
Amétryne	Endosulfan sulfate	Oxamyl
AMPA	Endrine	Parathion-méthyl
Atrazine	Fenpropimorphe	Parathion-éthyl
Bentazone	Fenthion	Penconazole
Bifenox	Flufenoxuron	Pendiméthaline
Biphényl	Flurochloridone	Pentachlorophénol
Bitertanol	Fluzilazole	Phosalone
Bromacil	Folpel	Phostiasate
Bromopropylate	Fénamiphos	Piperonyl butoxyde
Bromoxynil	Fénitrothion	Prochloraze
Cadusafos	Glyphosate	Prométryne
Captan	Heptachlore	Propanil
Carbendazime	Heptachlore époxide cis+trans	Propazine
Carbofuran	Hexachlorobenzène	Propiconazole
Carbophenothon	Hexaconazole	Propoxur
Chlordécone	Hexazinone	Simazine
Chlorfenvinphos	Imazalil	Sébutylazine
Chlorpyriphos éthyl	Imazaméthabenz	S-metolachlore
Chlorpyriphos	Ioxynil	Tebuconazole
Chlortoluron	Isoproturon	Tebutame
Congénère 101	Isoproturon-1CH3	Terbutylazine
Congénère 118	Isoproturon-2CH3	Terbutryne
Congénère 138	Linuron	Thiabendazole
Congénère 153	MCPA	Trifluraline
Congénère 180	Malathion	Triclopyr
Congénère 194	Monolinuron	Tétraconazole
Congénère 28	Monuron	alpha HCH
Congénère 52	Mécoprop	beta HCH
Cyanazine	Métamitrone	delta HCH
Desmétryne	Métazachlore	epsilon HCH
Diazinon	Méhabenzthiazuron	gamma HCH (lindane)

Annexe 2

Tableaux récapitulatifs des résultats d'analyses

Indice terrain	n° BSS	Date du prélevement SS 2004	Date du prélevement SP 2004	Date du prélevement SP 2005	Date du prélevement SS 2006	Date du prélevement SP 2006	Date du prélevement SS 2007	Type
Unité								
Limite de quantification								
N1	1166ZZ0026	X	X	12/12/05	25/04/06	22/11/06	17/04/2007	Piézomètre
N2	1166ZZ0019	X	X	X	X	X	25/04/2007	Source
N3	1166ZZ0023	X	X	X	X	X	18/04/2007	Source
N4	1168ZZ0054	29/03/04	22/10/04	21/11/05	25/04/06	22/11/06	17/04/2007	Piézomètre
NA1	1169ZZ0006	06/01/04	22/10/04	21/11/05	25/04/06	22/11/06	18/04/2007	Piézomètre
NA2	1169ZZ0084	X	X	30/01/06	25/04/06	26/11/06	18/04/2007	Piézomètre
NA3	1174ZZ0088	06/02/04	22/10/04	21/11/05	28/04/06	24/11/06	23/04/2007	Piézomètre
NA4	1175ZZ0153	21/01/04	27/10/04	21/11/05	26/04/06	22/11/06	26/04/2007	Source
NC1	1167ZZ0045	X	X	30/01/06	24/04/06	26/11/06	24/04/2007	Piézomètre
NC2	1177ZZ0161	07/01/04	25/10/04	24/11/05	18/04/06	21/11/06	16/04/2007	Piézomètre
NC3	1167ZZ0024	06/04/04	25/10/04	22/11/05	21/04/06	27/11/06	24/04/2007	Piézomètre
C1	1175ZZ0106	21/01/04	25/11/04	26/01/06	04/05/06	29/11/06	26/04/2007	Forage d'exploitation
C2	1179ZZ0070	06/02/04	20/10/04	25/11/05	27/04/06	23/11/06	20/04/2007	Piézomètre
C3	1182ZZ0160	-	-	-	-	-	20/04/2007	Forage d'exploitation
SA1	1186ZZ0118	11/01/04	26/10/04	18/11/05	20/04/06	28/11/06	23/04/2007	Piézomètre
SA2	1179ZZ0228	05/04/04	25/11/04	09/12/05	05/05/06	30/11/06	20/04/2007	Forage d'exploitation
SC1	1183ZZ0052	30/01/04	26/10/04	18/11/05	20/04/06	28/11/06	23/04/2007	Piézomètre
SC2	1181ZZ0132	25/03/04	19/10/04	25/11/05	27/04/06	23/11/06	19/04/2007	Piézomètre
SC3	1184ZZ0001	08/01/04	26/10/04	X	X	X	19/04/2007	Piézomètre

n° BSS	Commune	Lieu dit	X	Y
1166ZZ0026	Basse Pointe	Chalvet	704700	1642890
1166ZZ0019	Basse Pointe	Source Socco Gradis	702187	1642919
1166ZZ0023	Macouba	Source Grand Plage	699232	1645669
1168ZZ0054	Basse Pointe	Rivière Falaise	703854.8	1640502
1169ZZ0006	Marigot	Anse Charpentier	712531	1637909
1169ZZ0084	Lorrain	Fond Brûlé	707735	1640405
1174ZZ0088	Gros Morne	La Borelli	713936	1628627
1175ZZ0153	Trinité	Morne Figue	717832	1631449
1167ZZ0045	St Pierre	CDST	695500	1631760
1177ZZ0161	Schoelcher	Fond Lahaye	703597	1619100
1167ZZ0024	Prêcheur	Rivière du Prêcheur	691089	1637394
1175ZZ0106	Gros Morne	Vert Pré	716937	1623425
1179ZZ0070	Lamentin	Habitation Ressource	717201	1616359
1182ZZ0160	Rivière salée	Nouvelle citée	716936	1623425
1186ZZ0118	Marin	Grand Fond	729040	1602330
1179ZZ0228	François	La Victoire	722462	1616514
1183ZZ0052	Rivière Pilote	Fougainville	727296	1604984
1181ZZ0132	Trois Ilets	Vatable	713620	1607019
1184ZZ0001	Diamant	Habitation Dizac	710708	1601762

n° BSS	Conductivité (µS/cm)	Conductivité (µS/cm)	Conductivité (µS/cm)	Conductivité (µS/cm)	Conductivité (µS/cm)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	T (°C)	T (°C)	T (°C)
	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007
1166ZZ0026	X	X	492	432	394	399	26.7	27.1	26.7	27
1166ZZ0019	X	X	X	X	X	331	X	X	X	13
1166ZZ0023	X	X	X	X	X	455	X	X	X	26.4
1168ZZ0054	285	290	302	312	327	26.6	344	26.6	26.6	8.15
1169ZZ0006	433	394	405	435	452	476	28.6	27.8	28.0	28.1
1169ZZ0084	X	X	359	356	318	365	27.2	28.3	29.2	29
1174ZZ0088	170	202	188	213	194	194	27.3	26.7	26.5	26.4
1175ZZ0153	301	304	153	301		296	25.2	26.8		27.5
1167ZZ0045	X	X	185	193	177	166	26.3	27.8	27.9	27.3
1177ZZ0161	651	955	1097	1095	984	1077	29.4	28.3	28.7	28.1
1167ZZ0024	201	203	213	214	233	242	25.5	26.1	26.0	28
1175ZZ0106	325	306	302	306	299	305	32.7	31.1	28.9	29.8
1179ZZ0070	600	548	604	517	505	481	27.6	26.9	27.2	28
1182ZZ0160	X	X	X	X	X	1839	X	X	X	29.3
1186ZZ0118	1340	1343	1334	1373	1419	1468	27.7	27.7	28.3	28.1
1179ZZ0228	614	614	615	614	1176	610	29.0	25.0	29.0	29.5
1183ZZ0052	496	413	430	439	420	444	27.9	27.8	27.3	28.4
1181ZZ0132	1695	1340	2030	1780	2140	2170	28.9	28.2	28.8	29.7
1184ZZ0001	780	809	X	X	X	818	X	X	X	30.4

nº BSS	pH	pH	pH	pH	pH	pH	Ehmes (mV)	Eh (mv)						
	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SP 2005	SP 2005	SS 2006	SS 2006	SP 2006	SP 2006	SS 2007	SS 2007
1166ZZ0026	X	X	6.56	6.77	6.68	6.48	15	220.5	27	232.2	-2	185.0	29	?
1166ZZ0019	X	X	X	X	X	7.11	X	X	X	X	X	X	-20	121
1166ZZ0023	X	X	X	X	X	7.21	X	X	X	X	X	X	-26.4	108
1168ZZ0054	26.6	6.90	6.63	6.95	7.01	230	6.72	435.6	35	240.6	X	184.0	75.1	8
1169ZZ0006	7.8	7.90	7.12	7.65	6.65	7.65	240	444.2	-85	119.7	X	177.0	-37	75
1169ZZ0084	X	X	7.12	6.88	6.94	6.38	-79	126.2	-30	174.4	36	156.0	12	78
1174ZZ0088	7.45	7.15	7.03	7.17	6.34	6.9	175	380.1	6	211.5	X	171.0	-23	101
1175ZZ0153	7.45	7.20	7.84	6.57		7.16	170	376.6	-13	192.5			-27	62
1167ZZ0045	X	X	7.05	6.91	6.63	6.94	-46	159.8	26	230.7	2	151.0	4	97
1177ZZ0161	7.4	7.20	6.56	6.71	6.01	?	52	255.6	-46	158.4	40	146.0	?	?
1167ZZ0024	8.15	7.20	7.22	7.19	6.62	6.98	229	435.4	-35	171.0	2	204.0	-23	85
1175ZZ0106	7.4	6.65	6.63	7.00	6.69	6.73	-114	87.2	13	215.4	-2	183.0	2	84
1179ZZ0070	7.4	7.45	7.90	7.86	6.82	7.86	-13	191.9	-20	185.4	X	105.0	48	114
1182ZZ0160	X	X	X	X	X	7.66	X	X	X	X	X	-68	131	
1186ZZ0118	7.45	7.40	6.87	6.99	6.60	6.88	185	389.8	-44	160.8	4	155.0	-8	88
1179ZZ0228	7.35	7.25	6.67	6.40	6.66	6.8	8	211.9	-1	205.7	1	117.0	-4	119
1183ZZ0052	7.95	7.45	6.41	6.60	6.66	6.22	166	370.7	-56	148.7	0	129.0	22	115
1181ZZ0132	7.8	7.75	7.17	7.22	7.27	7	1	205.0	-10	194.5	-38	202.0	-28	101
1184ZZ0001	7.6	7.50	X	X	X	6.44	X	X	X	X	X	-1	86	

nº BSS	O2 (%)	O2 (%)	O2 (%)	O2 (%)	O2 (mg/l)	O2 (mg/l)	O2 (mg/l)	O2 (mg/l)	Mn	Mn	Mn	Mn	Mn	Mn
									µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
									5	5	5	5	5	5
	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007
1166ZZ0026	68.1	107.70	56.70	44.1	5.39	8.20	4.53	3.29	X	X	< LQ	< LQ	5	< LQ
1166ZZ0019	X	X	X	46.8	X	X	X	3.67	X	X	X	X	X	< LQ
1166ZZ0023	X	X	X	42.5	X	X	X	3.41	X	X	X	X	X	7
1168ZZ0054	?	101.00	70.50	5.92	38.1	7.97	5.50	3.02	66	8	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
1169ZZ0006	18.7	32.20	28.30	10.1	1.47	2.55	1.90	0.78	99	167	207	274	199	180
1169ZZ0084	80.0	104.00	59.50	34.9	6.21	7.95	4.54	2.66	X	X	62	26	12	< LQ
1174ZZ0088	16.5	46.00	50.60	20.5	1.27	3.59	4.00	1.63	96	993	1216	1115	962	811
1175ZZ0153	89.0	57.50		32.7	7.30	4.56		2.53	< L Q	< LQ				
1167ZZ0045	68.8	99.60	67.20	40.9	5.54	7.72	5.23	3.16	X	X	< LQ	23	166	28
1177ZZ0161	37.0	58.30	43.20	51.1	2.70	4.46	3.29	4.02	159	7	< LQ	8	8	8
1167ZZ0024	62.5	91.00	54.30	37.1	5.10	7.23	4.34	2.89	5	< LQ	< LQ	< LQ	9	16
1175ZZ0106	68.1	119.60	33.10	43.8	4.89	8.74	2.53	3.31	< L Q	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	23
1179ZZ0070	22.6	59.90	30.00	14.6	1.77	4.81	2.10	1.13	204	203	67	30	481	169
1182ZZ0160	X	X	X	25.8	X	X	X	1.97	X	X	X	X	X	70
1186ZZ0118		54.10	48.30	22.4	3.00	4.17	3.75	1.74	< L D	< LQ				
1179ZZ0228	7.4	16.50	20.00	20.5	0.57	1.36	1.62	1.5	< L Q	47	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
1183ZZ0052	52.8	72.80	27.00	17	4.13	5.62	2.13	1.31	13	24	< LQ	10	27	10
1181ZZ0132	17.7	23.00	121.60	35.1	1.36	1.79	8.93	2.62	242	253	97	55	78	32
1184ZZ0001	X	X	X	17	X	X	X	1.29	438	476	X	X		192

n° BSS	Fe	Fe	Fe	Fe	Fe	Fe	Na	Na	Na	Na	Na	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl		
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l											
	20	20	20	20	20	20	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007
1166ZZ0026	X	X	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	X	X	30.9	27.7	26.1	25.2	X	X	51.9	37.8	32.2	34.2
1166ZZ0019	X	X	X	X	X	< LQ	X	X	X	X	15.9	X	X	X	X	X	X	18.1
1166ZZ0023	X	X	X	X	X	20	X	X	X	X	30.7	X	X	X	X	X	X	52.1
1168ZZ0054	20	< LQ	30	< LQ	< LQ	< LQ	25.6	16.7	15.4	17.5	18.5	18.5	19.0	18.9	25.8	26.3	29.1	34.3
1169ZZ0006	100	70	170	2920	110	190	50.4	44.0	42.4	63.4	77	79.3	38.8	42.1	44.5	42.5	40.6	43.9
1169ZZ0084	X	X	200	< LQ	< LQ	< LQ	X	X	25.6	27.2	27.5	27.2	X	X	32.7	32.8	31.1	34.3
1174ZZ0088	350	540	260	630	90	130	12.5	14.5	13.3	15.5	16.2	15.2	6.0	12.2	11.5	12.7	11.2	11.6
1175ZZ0153	<LQ	< LQ	90	< LQ	< LQ	20	22.6	24.2	12.4	24.3	24.3	24.7	29.3	29.9	19.3	27.4	29	29.3
1167ZZ0045	X	X	< LQ	< LQ	60	< LQ	X	X	15.1	16.2	14.2	14.4	X	X	13.8	14.7	10.9	13
1177ZZ0161	60	< LQ	60	0	< LQ	< LQ	58.9	90.8	99.0	105.2	100.5	104.5	90.7	146.0	163.3	174.8	159.7	191
1167ZZ0024	<LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	20	13.4	14.2	14.4	17.4	19.2	18.9	10.4	10.7	11.6	10.7	11.4	13
1175ZZ0106	<LQ	< LQ	18.7	19.4	19.3	18.2	19.8	19.7	35.9	37.8	37.1	36.2	35.1	38.9				
1179ZZ0070	280	900	330	30	1840	200	62.3	58.4	60.5	61.7	54.4	53.7	99.8	96.7	102.2	95.8	96.4	96.7
1182ZZ0160	X	X	X	X	X	< LQ	X	X	X	X	274.2	X	X	X	X	X	468.1	
1186ZZ0118	<LQ	< LQ	0	< LQ	< LQ	< LQ	116.0	121.0	112.9	122.3	125	126.4	196.0	196.0	172.8	195.4	191.7	219.4
1179ZZ0228	<LQ	< LQ	43.4	45.5	43.1	43.1	46.8	46.8	78.2	78.3	79.7	79.1	76.4	81.8				
1183ZZ0052	<LQ	20	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	51.7	38.0	39.6	42.7	42.7	41.6	59.2	52.8	62.6	61.3	55.9	67.8
1181ZZ0132	<LQ	180	190	100	< LQ	< LQ	235.0	197.0	262.7	257.2	303.2	278.3	287.2	217.0	349.6	281.4	384.3	385.2
1184ZZ0001	580	2790	X	X	X	140	100.0	110.0	X	X	X	118.1	140.2	144.0	X	X	X	164.6

n° BSS	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg	K	K	K	K	K	
	mg/l																	
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007
1166ZZ0026	X	X	32.00	26.3	24.5	24.4	X	X	14.4	12.5	12.4	12.5	X	X	7.8	14.3	16.8	15.1
1166ZZ0019	X	X	X	X	X	18.3	X	X	X	X	X	6.1	X	X	X	X	X	3.6
1166ZZ0023	X	X	X	X	X	29.4	X	X	X	X	X	17.3	X	X	X	X	X	4.4
1168ZZ0054	15.6	22.5	25.40	26.6	29.2	30	5.6	7.4	7.9	7.8	9.2	9.2	5.3	4.4	4.0	4.4	5.2	4.7
1169ZZ0006	23.4	23.4	24.90	20	18.2	17.4	7.0	8.3	8.4	6.2	5.7	5.2	2.5	2.3	2.1	2.2	3.1	2.6
1169ZZ0084	X	X	28.70	29.5	30.5	29.4	X	X	8.7	8.5	9.2	9.2	X	X	1.6	1.8	2.3	2
1174ZZ0088	15.1	15.7	12.90	14.1	13.6	13.4	2.7	5.0	6.5	7.3	6.9	6.6	4.9	3.6	2.2	2.6	3	2.6
1175ZZ0153	23	22.2	7.30	22.9	23.3	22.7	8.4	8.5	4.8	8.0	8.6	8.3	1.7	1.8	3.5	1.2	5.4	0.7
1167ZZ0045	X	X	13.00	12.4	11.7	11.8	X	X	4.4	4.4	4.2	4.1	X	X	3.6	3.4	3.8	4.7
1177ZZ0161	34.5	47.1	56.20	56.6	54.1	57.1	19.5	34.7	40.1	38.7	37.9	40	7.2	7.9	8.0	9.0	9	8.5
1167ZZ0024	14.9	15.4	16.70	16.4	18.8	19.6	5.5	5.5	5.5	5.1	6.1	6.3	3.5	3.8	3.7	3.8	4.9	5.1
1175ZZ0106	25.6	21.6	22.20	22.2	21.8	22.6	10.9	9.9	10.0	9.9	10.1	10.2	0.8	0.7	0.8	0.7	1	0.8
1179ZZ0070	39.9	36.9	43.50	33.7	34.2	28.4	6.3	5.7	5.9	5.1	8.3	7	3.8	3.9	1.7	3.2	3.1	2.7
1182ZZ0160	X	X	X	X	X	50.5	X	X	X	X	25.3	X	X	X	X	X	8.6	
1186ZZ0118	116	115	119.50	125.7	129	130.4	27.0	28.6	28.7	28.6	31.4	30.7	5.5	5.9	5.4	5.5	6.4	6.5
1179ZZ0228	48.9	50.1	51.50	50.3	53.3	53.5	15.9	15.1	16.3	15.8	16.6	16.4	0.8	0.9	0.8	0.8	1.1	0.9
1183ZZ0052	29.2	23.5	24.30	25.3	25.5	25.4	11.9	10.5	11.3	11.4	12	12.1	2.7	3.2	2.0	2.8	3.2	2.7
1181ZZ0132	54.9	49.9	77.50	79.1	82.5	81.9	33.1	28.7	45.2	40.8	54.7	48.5	6.6	3.3	5.3	3.8	8.4	6
1184ZZ0001	23.6	23.7	X	X	X	23.9	16.8	17.4	X	X	X	17.2	6.4	6.5	X	X	7.6	

n° BSS	HCO3	HCO3	HCO3	HCO3	HCO3	CO3	CO3	CO3	CO3	CO3	SO4	SO4	SO4	SO4	SO4	SO4
	mg/l															
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007
1166ZZ0026	X	93	68	67	72	X	< LQ	< LQ	< LQ	X	X	40.4	43.7	42	42.4	
1166ZZ0019	X	X	X	X	61	X	X	X	< LQ	X	X	X	X	X	X	13.1
1166ZZ0023	X	X	X	X	100	X	X	X	< LQ	X	X	X	X	X	X	23.4
1168ZZ0054	51	53	57	61	56	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	27.3	25.9	21.0	23.8	28.2	28.4	
1169ZZ0006	141	153	182	212	217	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	4.5	9.8	10.3	0.0	< LQ	1.3	
1169ZZ0084	X	80	86	87	85	X	< LQ	< LQ	< LQ	X	X	16.4	17.1	16.3	18.3	
1174ZZ0088	97	93	101	98	93	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	4.4	3.2	3.7	3.0	2.8	4.2	
1175ZZ0153	110	45	113	113	118	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	10.0	10.5	7.3	8.6	9.8	9.3	
1167ZZ0045	X	63	66	64	64	X	< LQ	< LQ	< LQ	X	X	5.7	5.7	4.8	6.1	
1177ZZ0161	309	349	341	328	339	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	6.9	13.9	16.4	15.0	14.2	17.1	
1167ZZ0024	89	91	88	92	93	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	7.0	7.9	9.6	10.5	13.2	15.7	
1175ZZ0106	89	81	85	82	84	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	3.2	1.9	3.1	3.0	3.1	3.3	
1179ZZ0070	143	137	108	119	92	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	10.2	4.0	14.4	7.7	7	8.5	
1182ZZ0160	X	X	X	X	182	X	X	X	< LQ	X	X	X	X	X	28.2	
1186ZZ0118	475	486	480	475	466	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	19.8	20.2	21.5	20.1	19.9	21.2	
1179ZZ0228	205	204	200	232	200	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	19.0	16.2	18.6	17.4	17.8	18.5	
1183ZZ0052	98	100	99	119	99	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	13.8	20.1	16.1	16.2	15.6	18.1	
1181ZZ0132	390	516	546	531	529	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	61.7	56.4	64.1	73.1	64.2	75.7	
1184ZZ0001	222	X	X	X	195	< LQ	X	X	< LQ	3.4	< LQ	X	X	X	9.6	

n° BSS	SiO2	SiO2	SiO2	SiO2	SiO2	NH4	NH4	NH4	NH4	NO2	NO2	NO2	NO2	
	mg/l													
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.01	0.01	0.01	0.01	
	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SS 2004	
1166ZZ0026	X	X	80.1	88.6	94.1	94.3	X	X	< LQ	< LQ	< LQ	X	X	< LQ
1166ZZ0019	X	X	X	X	X	88.4	X	X	X	X	< LQ	X	X	X
1166ZZ0023	X	X	X	X	X	97.5	X	X	X	X	< LQ	X	X	X
1168ZZ0054	32.9	87.8	85.7	86.1	89.7	89.9	1.4	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	3.86	< LQ	< LQ
1169ZZ0006	30.8	44.2	43.7	19.7	16.3	18	0.1	< LQ	< LQ	0.2	0.4	0.3	< LQ	0.1
1169ZZ0084	X	X	63.1	63.6	67	65.3	X	X	< LQ	< LQ	< LQ	X	X	< LQ
1174ZZ0088	22.7	43.5	82.9	71.7	63	82.2	< LQ	0.3	< LQ	< LQ	0.1	0.2	< LQ	< LQ
1175ZZ0153	64.5	67.1	27.0	66.0	65.8	68.2	< LQ	0.01						
1167ZZ0045	X	X	73.9	66.4	79	77.5	X	X	< LQ	< LQ	< LQ	X	X	< LQ
1177ZZ0161	56.8	96.2	112.4	109.5	105.9	112.3	< LQ	< LQ	< LQ	0.1	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
1167ZZ0024	72.9	74.9	77.2	79.4	81.9	80	< LQ	< LQ						
1175ZZ0106	59.8	52.4	52.8	56.4	52.7	55.4	< LQ	< LQ						
1179ZZ0070	50.2	41.3	62.1	19.5	26.2	23.5	0.2	0.3	< LQ	< LQ	0.3	< LQ	< LQ	< LQ
1182ZZ0160	X	X	X	X	X	41.9	X	X	X	X	< LQ	X	X	X
1186ZZ0118	49.3	51.4	51.1	49.8	52.9	50.9	< LQ	< LQ	< LQ	0.2	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
1179ZZ0228	65.9	65.2	66.2	68.8	70.2	69.4	< LQ	0.1						
1183ZZ0052	60.3	65.7	74.6	73.7	76.8	76.7	< LQ	< LQ	< LQ	0.1	0.2	0.1	< LQ	< LQ
1181ZZ0132	35.2	44.5	43.3	59.9	45.1	61.7	< LQ	< LQ	< LQ	0.5	< LQ	< LQ	< LQ	0.01
1184ZZ0001	74.1	75.4	X	X	X	94.4	2.1	1.9	X	X	X	0.4	0.03	< LQ

n° BSS	NO3	NO3	NO3	NO3	NO3	NO3	PO4	PO4	PO4	PO4	F	F	F	F	F	F	
	mg/l																
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007
1166ZZ0026	X	X	48.9	47.0	44	44	X	X	< LQ	0.2	0.2	X	X	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
1166ZZ0019	X	X	X	X	X	29.6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	< LQ
1166ZZ0023	X	X	X	X	X	46.4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	< LQ
1168ZZ0054	5.6	46.8	41.2	36.6	40.8	43.1	<L Q	0.1	< LQ	0.1	0.1	0.2	< LQ				
1169ZZ0006	<L Q	1.3	2.6	< LQ	< LQ	0.7	< LQ	0.1	0.1	< LQ							
1169ZZ0084	X	X	39.0	35.5	45.6	47.6	X	X	0.2	0.1	0.1	X	X	0.1	< LQ	< LQ	< LQ
1174ZZ0088	1.0	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	1	<L Q	< LQ	0.1	0.1	0.1						
1175ZZ0153	3.6	4.6	0.7	2.4	4	< LQ	0.2	0.3	< LQ	0.1	0.4	0.1	< LQ				
1167ZZ0045	X	X	10.3	8.7	4.5	6.9	X	X	0.3	0.2	< LQ	X	X	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
1177ZZ0161	1.2	2.9	1.6	1.7	2.6	2	0.5	0.4	< LQ	0.3	0.3	< LQ	< LQ	0.1	0.1	0.1	0.1
1167ZZ0024	3.3	4.1	4.4	6.1	9.6	11.6	0.2	0.2	< LQ	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	< LQ	< LQ
1175ZZ0106	19.8	20.1	20.7	22.4	20.1	22.1	< LQ										
1179ZZ0070	0.1	3.4	< LQ	< LQ	0.6	< LQ	< LQ	0.3	< LQ								
1182ZZ0160	X	X	X	X	X	< LQ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	< LQ	
1186ZZ0118	11.8	12.7	12.3	11.8	12.1	11.4	< LQ	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.4				
1179ZZ0228	6.5	8.0	8.2	6.5	6.3	7.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.9	0.1	< LQ	< LQ	0.1	< LQ
1183ZZ0052	4.1	22.2	21.3	20.9	13.7	23.4	< LQ	0.4	< LQ	0.4	0.4	0.2	0.1	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
1181ZZ0132	1.0	0.3	0.7	< LQ	2	2.6	< LQ	0.3	< LQ	0.2	< LQ	< LQ	0.1	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
1184ZZ0001	1.5	< LQ	X	X	X	4.2	< LQ	0.3	X	X	< LQ	< LQ	X	X	X	< LQ	

n° BSS	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	AI	AI	AI	AI	AI	AI	As	As	As	As	As	
	µg/l																	
	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5	
	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SS 2004	SP 2004	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007
1166ZZ0026	X	X	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	X	X	< LQ	< LQ	< LQ	X	X	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	
1166ZZ0019	X	X	X	X	X	< LQ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	< LQ	
1166ZZ0023	X	X	X	X	X	< LQ	X	X	X	X	X	21	X	X	X	X	< LQ	
1168ZZ0054	<L Q	< LQ																
1169ZZ0006	<L Q	< LQ	30	< LQ	< LQ	25	10	33										
1169ZZ0084	X	X	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	X	X	210	< LQ	< LQ	X	X	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	
1174ZZ0088	<L Q	< LQ	266	< LQ	< LQ	31	< LQ											
1175ZZ0153	<L Q	< LQ	109	< LQ														
1167ZZ0045	X	X	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	X	X	11	< LQ	< LQ	X	X	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	
1177ZZ0161	<L Q	< LQ	6	8	< LQ	14	5	11										
1167ZZ0024	<L Q	< LQ	10	18	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ										
1175ZZ0106	<L Q	< LQ																
1179ZZ0070	<L Q	< LQ																
1182ZZ0160	X	X	X	X	X	< LQ	X	X	X	X	< LQ	X	X	X	X	X	8	
1186ZZ0118	<L Q	< LQ																
1179ZZ0228	<L Q	< LQ																
1183ZZ0052	<L Q	< LQ	10	< LQ														
1181ZZ0132	<L Q	< LQ	13	< LQ	< LQ	< LQ	6	< LQ										
1184ZZ0001	6	< LQ	X	X	X	< LQ	< LQ	< LQ	X	X	X	< LQ	< LQ	X	X	X	< LQ	

n° BSS	Co	Co	Co	Cr	Cr	Cr	Cr	Cu	Cu	Cu	Cu	Li	Li	Li	Pb	Pb	Pb	Pb
	µg/l																	
	2	2	2	5	5	5	2	2	2	10	10	10	2	2	2	2	2	2
	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007
1166ZZ0026	< LQ	3	< LQ															
1166ZZ0019	X	X	X	X	X	< LQ	X	X	3	X	X	X	X	X	X	X	X	< LQ
1166ZZ0023	X	X	X	X	X	< LQ	X	X	4	X	X	X	X	X	X	X	X	< LQ
1168ZZ0054	< LQ	560	20	387	< LQ	12	16	< LQ	3	< LQ	< LQ	< LQ						
1169ZZ0006	< LQ	25	30	42	< LQ													
1169ZZ0084	< LQ	4	3	6	< LQ													
1174ZZ0088	< LQ	< LQ	2	< LQ	18	22	< LQ	12	< LQ	< LQ	< LQ							
1175ZZ0153	< LQ	3	< LQ															
1167ZZ0045	< LQ	2	< LQ	2	< LQ													
1177ZZ0161	< LQ	3	4	4	21	21	20	< LQ	5	< LQ	< LQ	< LQ						
1167ZZ0024	< LQ	3	11	< LQ	2	< LQ	< LQ											
1175ZZ0106	< LQ	11	8	16	14	< LQ												
1179ZZ0070	< LQ																	
1182ZZ0160	X	X	X	X	X	< LQ	X	X	X	2	X	X	X	X	X	X	< LQ	< LQ
1186ZZ0118	< LQ	< LQ	2	< LQ	3	< LQ												
1179ZZ0228	< LQ	5	< LQ															
1183ZZ0052	< LQ	5	< LQ	< LQ	3	3	4	< LQ	12	33	< LQ	5	4	2				
1181ZZ0132	< LQ	3	< LQ	3	2	43	37	55	< LQ	5	< LQ	< LQ						
1184ZZ0001	X	X	X	X	X	< LQ	X	X	X	< LQ	X	X	X	X	X	X	< LQ	< LQ

n° BSS	Sr	Sr	Sr	Sr	Zn	Zn	Zn	Zn	Oxydabilité	Sb	THY	COD	Hg	Se	CNT
	µg/l	mg/l	µg/l	degF	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l							
	10	10	10	10	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	5	0.5	0.5	0.05	10	0.01
	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SP 2005	SS 2006	SP 2006	SS 2007	SS 2007	SS 2007	SS 2007	SS 2007	SS 2007	SS 2007	SS 2007
1166ZZ0026	145	165	156	155	10	< LQ	39	10	3.2	< LQ	11	2.6	< LQ	< LQ	< LQ
1166ZZ0019	X	X	X	67	X	X	X	7	0.6	< LQ	7.8	0.9	< LQ	< LQ	< LQ
1166ZZ0023	X	X	X	138	X	X	X	22	0.3	< LQ	14.6	2.1	< LQ	< LQ	< LQ
1168ZZ0054	93	92	105	107	9	18	16	10	1.9	< LQ	11.2	1.8	< LQ	< LQ	< LQ
1169ZZ0006	110	93	87	89	29	21	< LQ	< LQ	2.2	< LQ	7.4	1.5	< LQ	< LQ	< LQ
1169ZZ0084	170	162	192	186	9	5	20	10	1.4	< LQ	11	1.8	< LQ	< LQ	< LQ
1174ZZ0088	53	54	52	52	6	29	14	15	0.8	< LQ	7	3	< LQ	< LQ	< LQ
1175ZZ0153	45	83	74	79	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	5.1	< LQ	10	1.2	< LQ	< LQ	< LQ
1167ZZ0045	46	46	42	41	8	22	19	24	2.4	24	5.6	5.4	< LQ	< LQ	< LQ
1177ZZ0161	246	245	259	263	10	24	13	18	1.6	< LQ	31	2.1	< LQ	< LQ	< LQ
1167ZZ0024	54	54	61	69	121	99	121	72	4.1	< LQ	7.4	3	< LQ	< LQ	< LQ
1175ZZ0106	61	62	59	61	26	23	50	37	0.6	< LQ	10.4	0.9	< LQ	< LQ	< LQ
1179ZZ0070	65	42	51	47	7	6	28	< LQ	1.3	< LQ	10.4	1.4	< LQ	< LQ	< LQ
1182ZZ0160	X	X	X	146	X	X	X	6	1.3	< LQ	23.9	1.7	< LQ	< LQ	< LQ
1186ZZ0118	671	673	753	744	32	< LQ	20	7	6.9	< LQ	44.8	8.9	< LQ	< LQ	< LQ
1179ZZ0228	77	71	67	74	10	9	49	< LQ	1.1	< LQ	20.5	0.8	< LQ	< LQ	< LQ
1183ZZ0052	81	85	98	90	11	40	98	37	1.6	< LQ	11.4	2.2	< LQ	< LQ	< LQ
1181ZZ0132	607	461	855	668	25	114	11	21	6.4	< LQ	39.6	3.8	< LQ	< LQ	< LQ
1184ZZ0001	X	X	X	138	X	X	X	21	17.1	< LQ	13.5	9.3	< LQ	< LQ	< LQ

Annexe - analyses de produits phytosanitaires

	2,4,D	Atrazine	Bromacil	Chlordécone	Dieldrine	Diuron	Heptachlore époxide	Hexazinon	Propiconazole	alpha HCH	beta HCH	delta HCH	gamma HCH (lindane)	Carbendazime	Aldicaride	Congénère 138	Biphényl	Propoxur	Monuron	Linuron	Mono-linuron	AMPA	Glyphosate	Total
Limite de quantification	0.05	0.025	0.05	0.2	0.01	0.05	0.005	0.035	0.075	0.005	0.005	0.005	0.005	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Unité	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Norme DCE	0.1	0.1	0.1	0.1	0.03	0.1	0.03	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
unité	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Date d'interdiction	#	30/09/2003	31/12/2003	1993	1972	##	i	i2	#	i	i	i	1998	#	22/12/2002	?	?	?	?	#	#	#	#	

5 produits phytosanitaires analysés sur les 34 points du réseau (figurent uniquement les sites concernés) : campagne basses eaux (janvier à mars 2004)

Numéro BSS et date
Anses d'arilets - Grande Anse
Basse Pointe - Chez Lélène
Gros morne - Vert Pré
Lamentin - H. Ressource
Marigot - Anse Charpentier
Trinité - Source Morne Figue

< LQ	0.15	< LQ	< LQ
< LQ	0.3	< LQ	< LQ
1.35	< LQ	< LQ	< LQ
0.2	< LQ	< LQ	< LQ
0.38	< LQ	< LQ	< LQ
1.9	< LQ	< LQ	< LQ

#	Toujours autorisé
##	Toujours autorisé mais avec des restrictions d'usage
i	Interdit mais date inconnue
i2	Interdit sauf canne à sucre jusqu'au 31/12/2007

111 produits phytosanitaires analysés sur les 10 points du réseau suivants (figurent uniquement les pesticides quantifiés) : campagne hautes eaux (octobre et novembre 2004)

Numéro BSS et date																								
Gros morne - Vert Pré	1175ZZ0106 25/11/04	< LQ	< LQ	< LQ	1.45	< LQ	0.371	< LQ	< LQ											1.82				
Diamant - H. Dizac	1184ZZ0016 24/11/04	< LQ	< LQ	< LQ																				
Morne Rouge - Desgrottes	1168ZZ0037 22/10/04	< LQ	< LQ	< LQ																				
Basse Pointe - Chez Lélène	1168ZZ0054 22/10/04	< LQ	0.05	8.13	< LQ	0.41	0.15	0.02	0.45	< LQ	< LQ	0.072	< LQ	< LQ										9.28
Marigot - Anse Charpentier	1169ZZ0006 22/10/04	< LQ	0.044	0.8	0.009	0.008										0.86								
Saint Joseph - La Charmille	1174ZZ0087 20/10/04	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ																			
Schoelcher - Case Navire	1177ZZ0079 25/10/04	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ										3.41									
Lamentin - H. Ressource	1179ZZ0070 20/10/04	0.81	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	1.73	< LQ	0.78	0.09	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ										
Sainte Luce - Stade	1185ZZ0120 26/10/04	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ																			
Marin - Cap Macré	1186ZZ0119 19/10/04	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ										0.13									

120 produits phytopharmaceutiques analysés sur les 10 points du réseau suivants (figurent uniquement les pesticides quantifiés) : campagne hautes eaux (novembre et décembre 2005)

Numéro BSS et date																								2.09
Basse Pointe - Chez Lélène	1168ZZ0054 21/11/05	< LQ	< LQ	1.16	0.38	0.137	0.17	< LQ	0.17	< LQ	0.076	< LQ	< LQ	< LQ										1.01
Marigot - Anse Charpentier	1169ZZ0006 21/11/05	< LQ	< LQ	< LQ	0.73	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	traces	0.282	traces	traces										6.07
Trinité - Source Morne Figue	1175ZZ0153 21/11/05	< LQ	< LQ	< LQ	1.3	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.007	< LQ	< LQ	< LQ										0.18
Gros Morne - La Borelli	1174ZZ0088 21/11/05	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ										0.93				
Lamentin - Sarrault	1179ZZ0158 25/11/05	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ										2.44				
Lamentin - H. Ressource	1179ZZ0070 25/11/05	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ										0.13				
François - Grand Fond	1179ZZ0299 12/12/05	< LQ	< LQ	< LQ	0.4	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ										0.40
Trinité - le galion	1175ZZ0154 12/12/05	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ														
Gros Morne - Vert Pré	1175ZZ0106 26/01/06	< LQ	< LQ	< LQ	2.1	< LQ	< LQ	0.007	< LQ	< LQ	0.336	< LQ	< LQ	< LQ										

Annexe - analyses de produits phytosanitaires

	Bromacil	Chlordécone	Dieldrine	Diuron	Heptachlore époxyde	Hexazapon	beta HCH	delta HCH	gamma HCH (lindane)	Congénère 138	Monuron	Linuron	Mono-linuron	AMPA	Glyphosate	Total
Limite de quantification	0.05	0.2	0.01	0.05	0.005	0.035	0.005	0.005	0.005	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Unité	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
Norme DCE	0.1	0.1	0.03	0.1	0.03	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
unité	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
Date d'interdiction	31/12/2003	1993	1972	##	i	i2	i	i	1998	?	#	#	#	#	#	

#	Toujours autorisé
##	Toujours autorisé mais avec des restrictions d'usage
i	Interdit mais date inconnue
i2	Interdit sauf canne à sucre jusqu'au 31/12/2007

129 produits phytopharmaceutiques analysés sur les 19 points du réseau suivants (figurent uniquement les pesticides quantifiés) : campagne basses eaux (avril 2007)

Annexe - analyses de produits phytosanitaires

	Bromacil	Chlordécone	Dieldrine	Diuron	Heptachlore époxyde	Hexazinon	beta HCH	delta HCH	gamma HCH (lindane)	Congénère 138	Monuron	Linuron	Mono-linuron	AMPA	Glyphosate	Total
Limite de quantification	0.05	0.2	0.01	0.05	0.005	0.035	0.005	0.005	0.005	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Unité	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Norme DCE	0.1	0.1	0.03	0.1	0.03	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
unité	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Date d'interdiction	31/12/2003	1993	1972	##	i	i2	i	i	1998	?	#	#	#	#	#	#

#	Toujours autorisé
##	Toujours autorisé mais avec des restrictions d'usage
i	Interdit mais date inconnue
i2	Interdit sauf canne à sucre jusqu'au 31/12/2007

129 produits phytopharmaceutiques analysés sur les 15 points du réseau suivants (figurent uniquement les pesticides quantifiés) : campagne hautes eaux (novembre 2006)

	Numéro BSS et date	2.56	0.31	0.395	0.057	0.0161	0.156	0.0814	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	3.58
Basse Pointe - Chez Lélène	1168ZZ0054 22/11/06	2.56	0.31	0.395	0.057	0.0161	0.156	0.0814	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.03
Marigot - Anse Charpentier	1169ZZ0006 22/11/06	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.0256	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	2.77
Trinité - Source Morne Figue	1175ZZ0153 24/11/06	< LQ	2.52	0.01	< LQ	0.0062	< LQ	0.043	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.15
Gros Morne - La Borelli	1174ZZ0088 24/11/06	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.0054	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.16
François - Grand Fond	1179ZZ0299 23/11/06	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.25
Gros Morne - Vert Pré	1175ZZ0106 29/11/06	< LQ	0.58	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.346	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.93
Basse Pointe - Chalvet	1166ZZ0026 22/11/06	2.49	< LQ	0.10	0.074	0.0104	0.057	0.0659	< LQ	< LQ	< LQ	0.411	< LQ	< LQ	< LQ	3.21
Lorrain - Fond Brûlé	1169ZZ0084 22/11/06	< LQ	15.2	0.0127	< LQ	< LQ	< LQ	7.80	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	23.01
Saint Pierre - CDST	1167ZZ0045 27/11/06	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.0225	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.2	0.22
François - La Victoire	1179ZZ0228 30/11/06	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.00
Lamentin - H. Ressource	1179ZZ0070 29/11/06	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.2	0.20
Rivière Pilote - Fougainville	1183ZZ0052 28/11/06	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.00
Prêcheur - Rivière du Prêcheur	1167ZZ0024 27/11/06	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.16
Schoelcher - Fond Lahaye	1177ZZ0161 21/11/06	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	traces	< LQ	0.00
Trinité - Le Galion	1175ZZ0154 24/11/06	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0.13	0.13