



# Caractérisation de la vulnérabilité et des risques de pollution des sources de Martinique

Rapport final

**BRGM/RP-58105-FR**  
Novembre 2010

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 2010

**D. Allier, S. Pinson, B. Leclerc**

**Vérificateur :**

Nom : B. Vittecoq

Date : 20/10/2010

Signature :

**Approbateur :**

Nom : J-C Audru

Date :

Signature :

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

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

**Mots clés** : Sources, eaux souterraines, bassin d'alimentation, Martinique, vulnérabilité

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

Allier D, Pinson S, Leclerc B (2010) Caractérisation de la vulnérabilité et des risques de pollution des sources de Martinique. BRGM/RP-58105-FR, 92 pages, 34 illustrations, 12 tableaux, 4 annexes.

© BRGM, 2010, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

Les sources de Martinique, appelées communément sources de bord de routes, sont régulièrement consommées par la population comme eau de boisson. Sur 129 de ces sources, une étude a été menée de 2004 à 2009 par l'ARS, visant à évaluer leur niveau de contamination, en particulier par les eaux usées, les nitrates et les produits phytosanitaires. Ces analyses ont montré que 109 sources sur les 129 présentent pour un ou plusieurs paramètres des valeurs supérieures aux limites de qualité fixées par le code de la santé publique pour les eaux destinées à la consommation humaine .

L'Agence Régionale de la Santé (ARS), l'Office de l'Eau (ODE) et le BRGM ont alors signé une convention de recherche et développement partagés pour **la caractérisation de la vulnérabilité et des risques de pollution des sources de Martinique**.

L'objectif de cette convention est d'analyser pour chaque source les risques de pollution auxquels elle est soumise. Pour cela, il est nécessaire de délimiter le bassin d'alimentation de la source (appelé BAS dans la présente étude), puis d'estimer la vulnérabilité de la nappe et les pressions exercées sur toute la surface du BAS. Cette caractérisation, déduite de traitements cartographiques numériques, a été menée sur 160 sources. Les risques théoriques ainsi calculés ont ensuite été comparés aux résultats des analyses menées entre 2004 et 2009.

Globalement, on constate que la méthode de calcul des risques théoriques permet d'anticiper les résultats analytiques et pour près de 70% des sources, les analyses en laboratoire confirment les niveaux de pollutions pressentis. La méthode cartographique peut ainsi être utilisée comme un véritable outil d'aide à la gestion et à la surveillance de la qualité de la ressource en eau souterraine.

Une fiche de caractérisation a été réalisée pour chaque source, permettant de connaître le risque théorique de pollution microbiologique, aux pesticides et aux nitrates, auquel elle est soumise. Sur cette fiche sont aussi indiqués, le cas échéant, les résultats des analyses en laboratoire. Enfin, un tableau récapitulatif permet de connaître s'il est conseillé de mettre en place un suivi de l'état chimique et microbiologique de la source.

Cette étude contribue à améliorer la connaissance de l'état qualitatif des eaux souterraines de la Martinique. La caractérisation détaillée des sources pourra être mise à jour dès lors que des études complémentaires de terrain auront été réalisées, notamment dans les secteurs où l'origine des pollutions n'a pas pu être identifiée.



# Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Inventaire et caractérisation des sources de Martinique</b> .....	<b>11</b>
2.1. CREATION D'UNE BASE DE DONNEES REPERTORIANANT LES INFORMATIONS CONNUES SUR LES SOURCES .....	11
2.1.1. Inventaire des sources .....	11
2.1.2. Attribution d'identifiant nationaux (BSS, Sandre) pour la bancarisation ...	12
2.2. METHODOLOGIE POUR LA DETERMINATION DES BASSINS D'ALIMENTATION DES SOURCES.....	12
2.2.1. Définitions.....	12
2.2.2. Délimitation des bassins d'alimentation des sources (BAS).....	15
2.3. SYNTHESE DES ANALYSES REALISEES PAR L'ARS ENTRE 2004 ET 2010	21
2.3.1. Introduction.....	21
2.3.2. Caractérisation de chaque source analysée, par famille de contaminants.	22
2.3.3. Bilan de la qualité des sources .....	23
<b>3. Hiérarchisation des sources en fonction de leur vulnérabilité et des pressions exercées sur leur bassin d'alimentation</b> .....	<b>37</b>
3.1. VULNERABILITE .....	37
3.1.1. Rappel sur l'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR).....	38
3.1.2. La carte de Vulnérabilité en Martinique .....	41
3.2. PRESSIONS ANTHROPIQUES .....	43
3.2.1. Agriculture .....	43
3.2.2. Le chlordécone .....	45
3.2.3. Urbanisation et réseau routier .....	46
3.3. CARACTERISATION DES RISQUES ET HIERARCHISATION .....	51
3.3.1. Cartes des risques.....	52
3.3.2. Hiérarchisation des sources vis-à-vis des risques.....	54
3.4. LIMITES DE LA METHODE.....	55
<b>4. Comparaison des risques estimés avec les analyses réalisées</b> .....	<b>59</b>

4.1. NITRATES .....	59
4.2. PRODUITS PHYTOSANITAIRES.....	62
4.3. BACTERIOLOGIE.....	64
4.4. RISQUES ROUTIERS .....	65
<b>5. Conclusion .....</b>	<b>67</b>
<b>6. Réalisation de fiches détaillées.....</b>	<b>71</b>
<b>7. Bibliographie.....</b>	<b>75</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 : Crête topographique et crête piézométrique (source : Vernoux J.F., et al., 2007) .....	13
Illustration 2 : Influence d'une formation imperméable sur le bassin d'alimentation (source : source : Vernoux J.F., et al., 2007).....	14
Illustration 3 : Corrélations entre altitudes des forages et altitudes du niveau piézométrique (Extrait de BRGM/RP-55099-FR).....	15
Illustration 4 : Représentation d'un modèle numérique de terrain ou raster d'altitude .....	16
Illustration 5 : Directions d'écoulements.....	18
Illustration 6 : Calcul de la quantité de « flux » de surface accumulée dans chaque cellule (une fois les directions d'écoulements connues, on peut compter pour une cellule donnée, le nombre de cellules qui s'y jette) .....	18
Illustration 7 : Résultats sur la commune du Marin des outils de traitement du modèle numérique de terrain .....	19
Illustration 8 : Exemples de délimitation de BAS .....	20
Illustration 9 : Répartition du nombre de prélèvements effectués pour les 129 sources analysées .....	21
Illustration 10 : Cartographie des résultats des analyses bactériologiques.....	24
Illustration 11 :Cartographie des 10 sources les plus polluées par des bactéries (à haut : Escherichia coli et en bas : Entérocoques).....	26
Illustration 12 : Cartographie des résultats des analyses en nitrates .....	28
Illustration 13 Diagramme de dispersion des notes obtenues pour les nitrates pour chaque source par masse d'eau (le symbole ☒ indique la moyenne des note par masses d'eau) .....	29
Illustration 14 : Cartographie des 10 sources les plus polluées en Nitrates .....	30
Illustration 15 : Cartographie des résultats des analyses en produits phytosanitaires.....	32



Illustration 16 : Répartitions des sources "avec détection de la molécule" par masses d'eau.....	34
Illustration 17 : Cartographie des 20 sources les plus polluées en produits phytosanitaires .....	35
Illustration 18 :Schéma simplifié du fonctionnement d'un hydrosystème .....	38
Illustration 19 : Carte de l'IDPR Martinique .....	40
Illustration 20 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines de la Martinique.....	41
Illustration 21 : La sole agricole en Martinique.....	44
Illustration 22 : Pression chlordécone .....	45
Illustration 23 : Pression urbaine.....	48
Illustration 24 : Pression liée au réseau routier .....	50
Illustration 25 : Définition du risque .....	51
Illustration 26 : Cartes des risques.....	53
Illustration 27 : Notes attribuées aux risques par BAS .....	54
Illustration 28 : Exemple de traitement réalisé sur la sole agricole.....	55
Illustration 29 : Distribution des niveaux de concentration à l'intérieur de chaque classe. (source DREAL Martinique) .....	56
Illustration 30 : Exemple de traitement réalisé sur le bâti .....	57
Illustration 31 : Localisation des sources non contaminées en nitrates, mais pour lesquelles le BAS présente un risque agricole. ....	61
Illustration 32 : Exemple de la source Sarrault .....	63
Illustration 33 : Légende du recto de la fiche .....	72
Illustration 34 : Légende du verso de la fiche .....	73

## Liste des illustrations

Tableau 1 : Les 10 sources les plus contaminées (pour Escherichia coli).....	25
Tableau 2 : Les 10 sources les plus contaminées (pour Entérocoques).....	25
Tableau 3 : Répartition des valeurs maximales en nitrates des sources par classes de concentrations .....	27
Tableau 4 : Les 10 sources les plus contaminées en Nitrates .....	29
Tableau 5 : Nombre de sources pour lesquelles la molécule (le « + » signifie que les métabolites sont aussi comptabilisés) a été détectée. ....	33
Tableau 6 : Classement des molécules retrouvées en fonction de leur usage .....	33
Tableau 7 :Les 20 sources les plus contaminées (Pesticides).....	35
Tableau 8 : Résultats des deux approches, pour les nitrates.....	59
Tableau 9 : Résultats des deux approches, pour les produits phytosanitaires .....	62

Tableau 10 : Résultats des deux approches, pour la bactériologie .....	64
Tableau 11 : Liste des sources, pour lesquelles le risque théorique n'est pas confirmé par les analyses (seules 22 sources, surlignées en orange, sur les 40, sont en effet peu ou pas contaminée).....	69
Tableau 12 : Liste des sources, pour lesquelles les analyses montrent une contamination pour des sources à priori non exposé à un risque théorique.....	70

## Liste des annexes

Annexe 1 Listes des sources étudiées .....	75
Annexe 2 Nombre de prélèvements par sources .....	79
Annexe 3 Liste des paramètres analysés .....	85
Annexe 4 Fiches détaillées par sources : <b>Volet séparé</b>	

# 1. Introduction

Les eaux des sources dites « de bord de route » sont régulièrement consommées par la population, parfois par réticence vis-à-vis de l'eau du robinet. Ces sources sont associées à une eau claire et limpide, qui évoque, fréquemment à tort, une eau de bonne qualité. Or depuis 2004, des prélèvements sur 129 sources (les plus utilisées) sont analysés par l'ARS ; dans 85% des cas, présentent pour un ou plusieurs paramètres des valeurs supérieures aux limites de qualité fixées par le code de la santé publique pour les eaux destinées à la santé humaine. Les analyses réalisées montrent notamment une large contamination par des germes de contamination fécale (*Escherichia coli*, Entérocoques).

La communication et la sensibilisation du public sur cette ressource assez mal connue sont donc indispensables. Dans cet objectif et dans le cadre du plan d'action chlordécone, un atlas des sources de la Martinique à destination du grand public a été édité par l'Office de l'Eau (ODE) et l'Agence Régionale de la Santé (ARS) : <http://www.ars.martinique.sante.fr/L-atlas-des-sources-de-la-Mart.93540.0.html>.

En parallèle, l'amélioration de la connaissance des sources, l'évaluation de leur degré de protection vis-à-vis des pollutions et l'estimation des pressions auxquelles elles sont soumises sont des paramètres nécessaires. C'est pourquoi, l'ARS, l'ODE et le BRGM sont associés dans une convention de recherche et développement partagés pour **caractériser la vulnérabilité et les risques de pollution des sources de Martinique**.

La caractérisation des sources s'est déroulée en 5 phases :

- 1/ inventaire, analyse critique et bancarisation des données existantes ;
- 2/ détermination des bassins d'alimentation des sources ;
- 3/ bilan de la qualité des sources, pour lesquelles des analyses ont été effectuées par l'ARS ;
- 4/ estimation et cartographie des pressions exercées sur la surface des BAS ;
- 5/ à l'aide de la cartographie de la vulnérabilité de la ressource en eau souterraine, estimation des risques exercés sur le BAS.

Ce rapport présente les résultats de ces différentes étapes **à l'échelle de la Martinique**. En annexe à ce rapport, un atlas présente **à l'échelle des BAS** (Bassin d'Alimentation des Sources) les résultats obtenus pour chaque source inventoriée. Cet atlas, à destination des gestionnaires de l'eau, permettra d'orienter les programmes à venir de suivi de la qualité des sources.



## **2. Inventaire et caractérisation des sources de Martinique**

### **2.1. CRÉATION D'UNE BASE DE DONNÉES RÉPERTORIANANT LES INFORMATIONS CONNUES SUR LES SOURCES**

#### **2.1.1. Inventaire des sources**

La création d'une base de données des sources qui seront étudiées dans le cadre de cette étude est la première étape nécessaire. En effet, plusieurs bases de données existent, regroupant différentes sources :

- les sources suivies par l'ARS (ex. DSDS) ;
- les sources connues du BRGM (notamment grâce à une reconnaissance de terrain des sources situées sur le flanc Nord Est de la Montagne Pelée (Baran et Barras, 2008) et référencées en BSS ;
- les sources déclarées à la DAF ;
- les sources localisées sur la carte topographique de l'IGN® au 1/25 000 ;
- les informations provenant de l'ODE, du conseil général, ...

Dans un premier temps, pour être le plus exhaustif possible, il a fallu compiler les données qui présentaient de nombreuses redondances, des coordonnées ou des appellations différentes pour une même source, etc... Une liste d'environ 350 sources a ainsi été établie.

Un courrier a également été envoyé à chaque commune pour faire le point des sources connues localement et qui n'apparaîtraient pas sur les documents officiels. Une carte de localisation accompagnait ce courrier. Des réponses ont été récoltées et intégrées à la base de données.

La liste de sources obtenue présentait alors une grande hétérogénéité dans le degré de fiabilité des informations (confusion entre source et prise d'eau en rivière, localisation inexacte, source ayant un débit très faible,...), ainsi que des lacunes dans les données. Il a donc été décidé de restreindre le périmètre de l'étude à une liste de sources pour lesquelles les informations étaient les plus fiables.

La liste arrêtée est constituée de 130 sources suivies par l'ARS, ainsi que d'une trentaine de sources connues du BRGM.

La liste finale recense 160 sources (Annexe 1).

### 2.1.2. Attribution d'identifiant nationaux (BSS, Sandre) pour la bancarisation

Les identifiants nationaux BSS (Banque de données du Sous-Sol) ont été attribués aux sources qui n'en avaient pas. Il est rappelé que ces derniers correspondent aux codes SANDRE (Service d'Administration National des Données et Référentiels sur l'Eau) pour les points d'eau souterraine.

Le code BSS (ou code national SANDRE du point d'eau) correspond au code national du dossier de tout ouvrage souterrain qui a été déclaré et qui de ce fait a été intégré à la Banque du Sous-Sol (BSS) du BRGM. Il permet de désigner « tout objet ayant trait à la géologie » notamment tout point d'eau d'origine souterraine qu'il s'agisse d'un puits, d'une source ou d'un forage. Depuis 1997, le SANDRE a retenu le code BSS comme identifiant national des points d'eau d'origine souterraine. En effet, ce code unique et stable permet d'identifier strictement chaque point d'eau, facilitant ainsi l'échange d'informations entre partenaires (maîtres d'ouvrages, ARS, Agence de l'Eau, DREAL, ...).

L'attribution des codes BSS s'effectue sous la responsabilité du BRGM et se fait par l'intermédiaire d'un système de gestion de base de données (SGBD) Oracle. Le numéro BSS attribué est fonction de la localisation géographique du point. Les 4 premiers chiffres correspondent au numéro du huitième de la carte géologique associée. Les deux caractères suivants sont codées « ZZ » pour la Martinique et les quatre derniers chiffres correspondent à une numérotation chronologique des dossiers par ordre d'entrée dans la Banque du Sous-Sol (Exemple : 1169ZZ0166).

L'attribution d'un code BSS permet le référencement du point dans la banque de données du sous-sol, et l'accès aux informations le concernant sur le site Infoterre (<http://infoterre.brgm.fr/>). Il est également indispensable pour le transfert des données relatives au point (dans le cas présent, les analyses de l'eau des sources) vers le site internet ADES (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines - [www.ades.eaufrance.fr/](http://www.ades.eaufrance.fr/)) où elles sont consultables.

## 2.2. MÉTHODOLOGIE POUR LA DÉTERMINATION DES BASSINS D'ALIMENTATION DES SOURCES

### 2.2.1. Définitions

Définitions : (extraits du Dictionnaire français d'hydrogéologie , 1977 Dictionnaire de géologie, 2001)

*Source* : Lieu et phénomène d'apparition et d'écoulement naturel d'eaux souterraines à la surface du sol, assez bien individualisés et à l'origine en général d'un cours d'eau de surface.

*Bassin hydrogéologique* : Domaine aquifère, simple ou complexe, dans lequel les eaux souterraines s'écoulent vers un même exutoire ou groupe d'exutoires.

*Bassin hydrographique* (ou *bassin versant topographique*) : Ensemble des pentes inclinées vers un même cours d'eau et y déversant leurs eaux de ruissellement. Ces bassins sont séparés par des lignes de partage des eaux.

À l'instar du bassin versant topographique, le bassin versant hydrogéologique correspond au domaine souterrain dans lequel les écoulements convergent vers un point bas appelé l'exutoire (la source, les captages). C'est donc à la surface de la nappe souterraine (surface piézométrique) que l'on se réfère pour calculer les pentes et le contour des bassins hydrogéologiques. Le bassin versant ainsi défini peut ne pas être confondu avec le bassin versant en surface.

La distinction entre le bassin hydrogéologique et le bassin hydrographique résulte d'abord du décalage entre les crêtes topographiques et piézométriques.

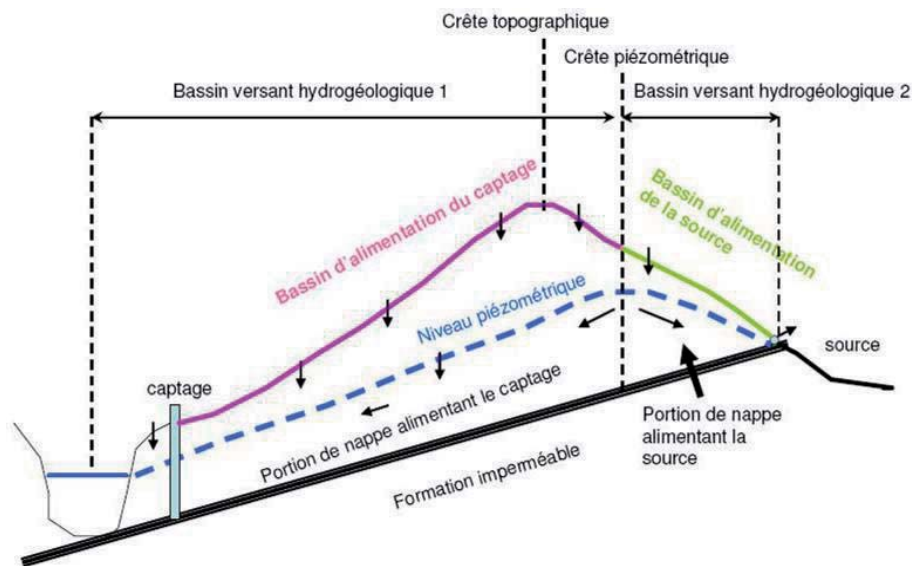


Illustration 1 : Crête topographique et crête piézométrique (source : Vernoux et al., 2007)

Dans l'illustration 1, le bassin d'alimentation de la source (bassin versant hydrogéologique 2) est plus petit que le bassin versant topographique (dont la limite supérieure est la crête topographique). Le bassin d'alimentation du captage (bassin versant hydrogéologique 1) est lui plus grand que le bassin versant topographique.

La perméabilité des terrains de surface joue également un rôle dans la délimitation du bassin d'alimentation. Le bassin d'alimentation du captage sur l'illustration 2 est plus petit que sur l'illustration 1 à cause de la présence d'une formation imperméable en surface.

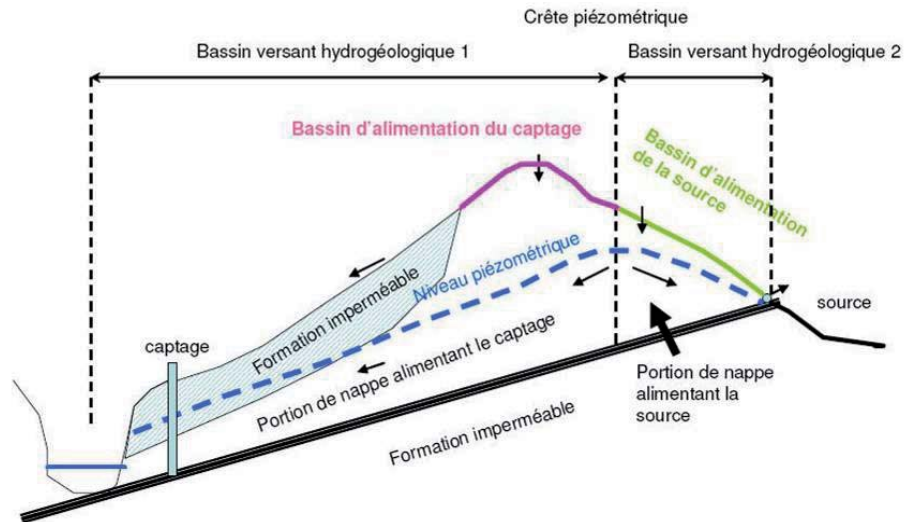


Illustration 2 : Influence d'une formation imperméable sur le bassin d'alimentation (source : source : Vernoux et al., 2007)

L'eau de pluie qui tombe au droit de la formation imperméable ne s'infiltré pas mais ruisselle, et n'alimente pas le captage.

De plus, toute frontière basée sur une crête piézométrique doit être considérée comme une zone plus ou moins large et non comme une ligne de partage. En effet, la crête piézométrique (ligne de partage des eaux souterraines) varie dans l'espace selon les contraintes climatiques ou les influences des captages qui sollicitent la nappe.

Le bassin d'alimentation d'une source correspond au lieu des points de la surface du sol qui contribuent à son alimentation. **Sa détermination requiert une bonne connaissance du contexte géologique de la source.**



## 2.2.2. Délimitation des bassins d'alimentation des sources (BAS)

Les conditions topographiques, géologiques, hydrologiques et, *in fine*, hydrogéologiques de la Martinique (forte hétérogénéité des formations, extension réduite des aquifères, lien relief/géologie fort, cf. p.774, Tome 2, Chap. XIII de l'ouvrage *Aquifères et Eaux souterraines en France, 2006*) concourent, dans la plupart des régions de l'île, à une bonne concordance, entre bassins versants topographiques (concernant les écoulements des eaux de surface) et bassins versants souterrains (concernant les écoulements d'eau souterraine). Les travaux menés par Vittecoq et al (2007) avaient également montré une bonne corrélation entre altitude du sol et du niveau piézométrique pour chacun des forages étudiés (cf. Illustration 3).

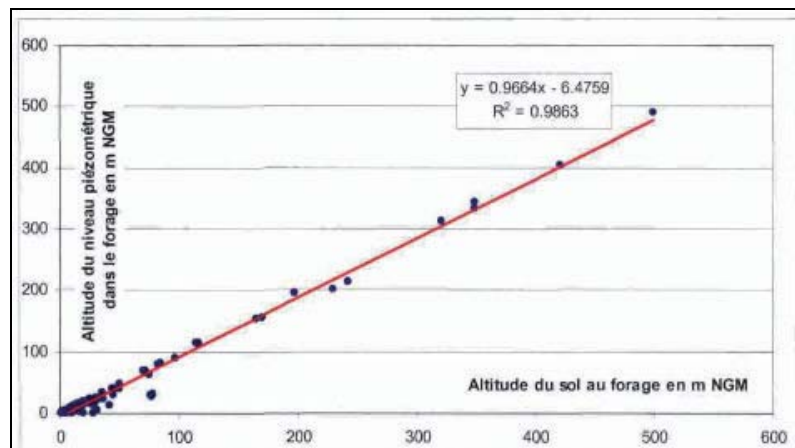


Illustration 23 : Corrélation entre altitude des forages et altitude du niveau piézométrique

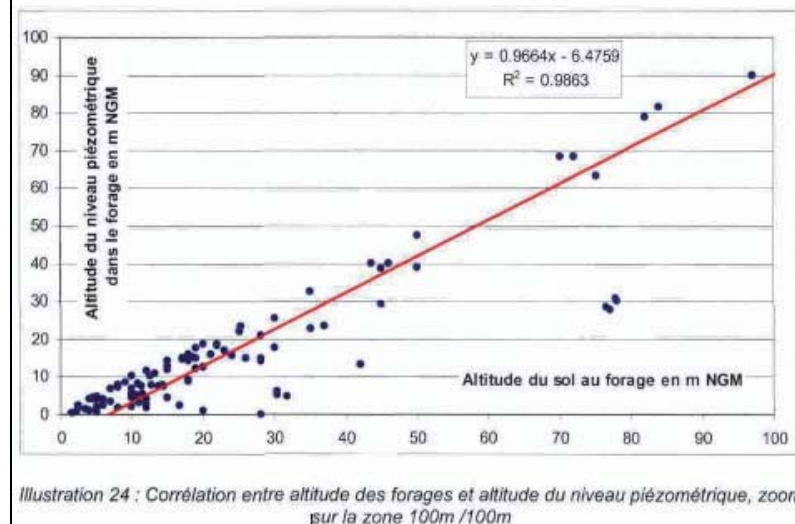


Illustration 3 : Corrélations entre altitudes des forages et altitudes du niveau piézométrique (Vittecoq et al., 2007)

Ainsi, sur la base de ces travaux et de ceux menés par Malard A. et al. (2009) dans le cadre des BAC (Bassin d'Alimentation de Captage), l'hypothèse d'une corrélation entre les bassins versants (BV) topographique et les BAS a été utilisée dans le cadre de cette étude, à l'échelle de travail du 1/50 000.

Pour délimiter les bassins versants topographiques, les outils de traitements d'ESRI® du modèle numérique de terrain (MNT) ont été utilisés.

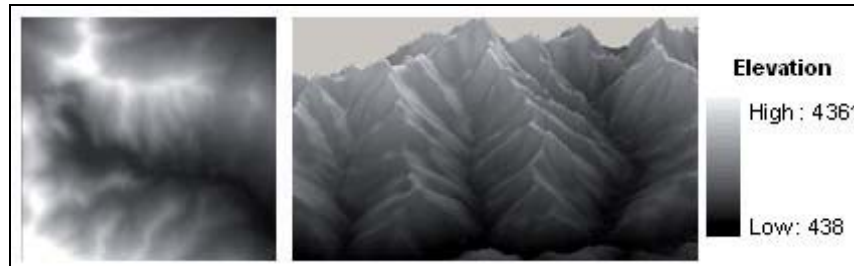


Illustration 4 : Représentation d'un modèle numérique de terrain ou raster d'altitude

Seule l'altitude est fournie de manière "brute" par le MNT. Le calcul des pentes, des bassins versants et des talwegs font appel aux techniques de traitements spatiaux intégrés aux logiciels de Système d'Information Géographique. Les traitements exploités dans le cadre de cette étude ont été développés pour l'application ArcView®. Les procédures utilisées proviennent de l'Université du Texas à Austin. Elles ont été développées pour Arcview par le Center for Research in Water Resources (CRWR).

Le MNT de la Martinique est celui fourni par l'IGN® au pas de 20m.

La délimitation des bassins versants se fonde sur quatre étapes :

- La première utilise un algorithme, permettant de corriger les dépressions du MNT, *i.e.* les zones pour lesquelles aucun exutoire n'est possible.
- La seconde étape calcule le "graphe dérivé" du MNT qui attribue à chaque point la direction de la maille voisine suivant la plus grande pente.
- Cet ensemble de "cellules de drainage" décrit un bassin versant lorsque l'exutoire est situé sur le bord du MNT ou un "bassin de dépression" lorsque tous les chemins décrits en suivant les cellules aboutissent en un minimum local. L'outil « watershed » permet de délimiter ces ensembles de cellules de drainage.
- Enfin l'application trace dynamiquement des lignes, en partant de certains points choisis et en suivant la ligne de plus grande pente jusqu'à arriver soit en bord d'image, soit en un minimum local, soit enfin jusqu'à rencontrer une ligne déjà tracée.

#### 1) Pré-traitement du MNT – zones de dépression

Les solutions sont généralement basées sur l'hypothèse suivante : si l'eau s'écoule en surface et s'il y a une dépression naturelle, l'eau remplit préalablement celle-ci avant de continuer sa route vers l'aval. La première des techniques de traitement des dépressions considère les dépressions comme des artéfacts altimétriques ne représentant aucune forme réelle (Jenson et Domingue 1998). De ce fait, certains auteurs procèdent au comblement des dépressions après avoir déterminé l'exutoire de la dépression : c'est la technique dite du « bouche-trous ». Dans ce cas, on détermine la cellule exutoire et on affecte à toutes les cellules de la dépression l'altitude de cet exutoire.

La seconde, décrite par Fairfield et Leymarie (1991), vise à déterminer l'exutoire de la dépression puis à inverser le chemin d'écoulement entre le fond de la dépression et cet exutoire. Ceci aura pour effet de rendre la continuité du réseau hydrographique. Pour déterminer quelle cellule représente l'exutoire, il faut trouver, parmi toutes les cellules ne recevant pas d'eau d'une autre cellule et s'écoulant vers le fond de la dépression, laquelle possède l'altitude la plus basse.

Enfin, une dernière méthode répandue consiste à identifier une zone d'altitude forte entre deux dépressions et à creuser cette zone de façon à ce que l'eau de la dépression puisse s'écouler en aval.

À l'usage, ces techniques offrent toutes des résultats comparables. La seconde technique indiquée ci-dessus est sans effet sur les altitudes, les deux autres vont les modifier. C'est pourquoi nous retiendrons ici la seconde méthode, pour « corriger » le MNT.

2) La seconde étape consiste à déduire les directions d'écoulements de ce MNT corrigé. En comparant l'altitude de chaque cellule aux altitudes des cellules voisines, il est possible d'identifier la plus grande pente descendante et de coder la direction d'écoulement.

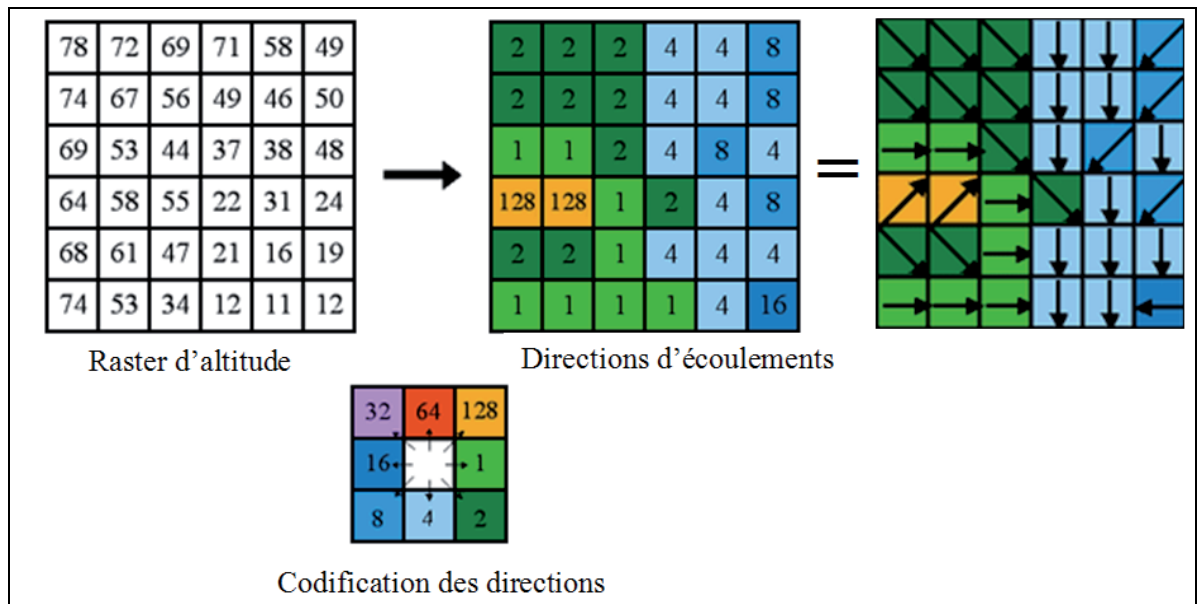


Illustration 5 : Détermination automatique des directions d'écoulements

3) L'étape suivante est la délimitation des bassins versants. À partir des sens d'écoulement attribués à chaque cellule (étape 2), on peut déterminer les bassins de drainage, constitués de cellules reliées qui s'écoulent vers une localisation commune. Ce sont les bassins versants topographiques.

4) Le dernier outil utilisé pour la délimitation des BAS calcule la quantité de flux de surface accumulée dans chaque cellule. Les cellules contenant de fortes valeurs d'accumulation sont généralement des cours d'eau ou des rivières. Les lignes de crêtes sont des surfaces d'accumulation de flux nulle.

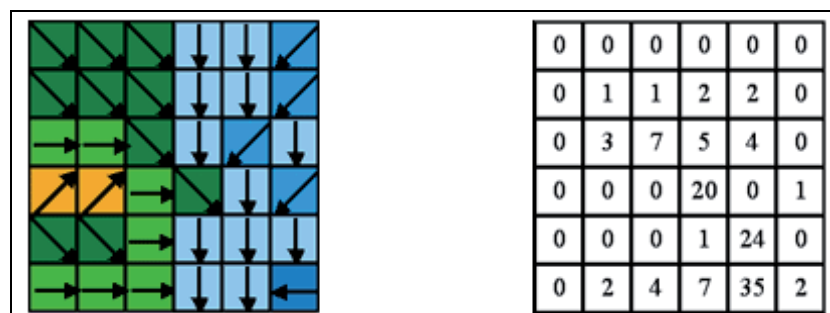


Illustration 6 : Calcul de la quantité de « flux » de surface accumulée dans chaque cellule (une fois les directions d'écoulements connues, on peut compter pour une cellule donnée, le nombre de cellules qui s'y jette)

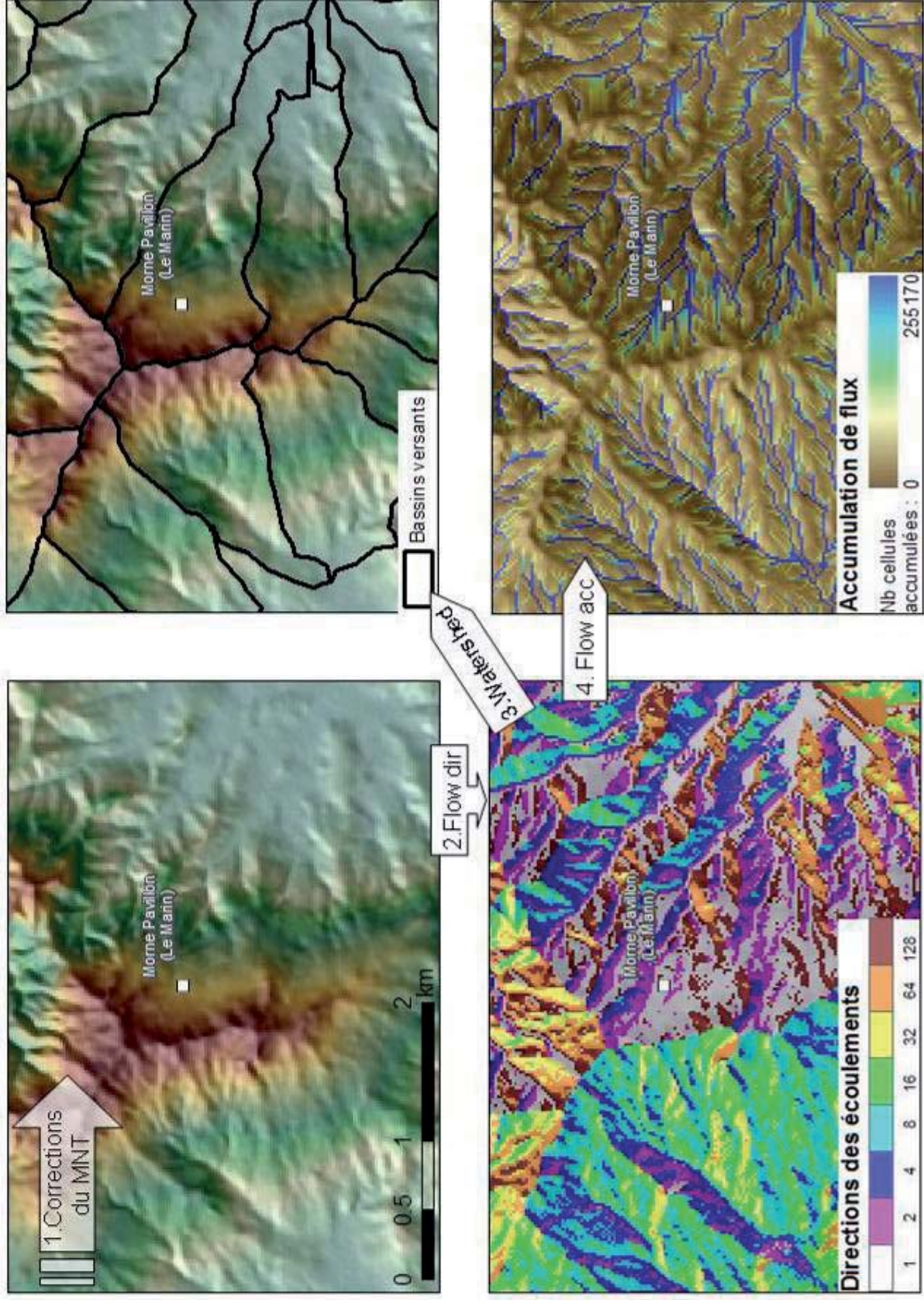


Illustration 7 : Résultats sur la commune du Marin des outils de traitement du modèle numérique de terrain

Une fois ces quatre étapes réalisées il est possible de tracer le bassin versant amont de chaque source à l'aide des lignes de crêtes, celui-ci sera ainsi considéré comme le BAS.

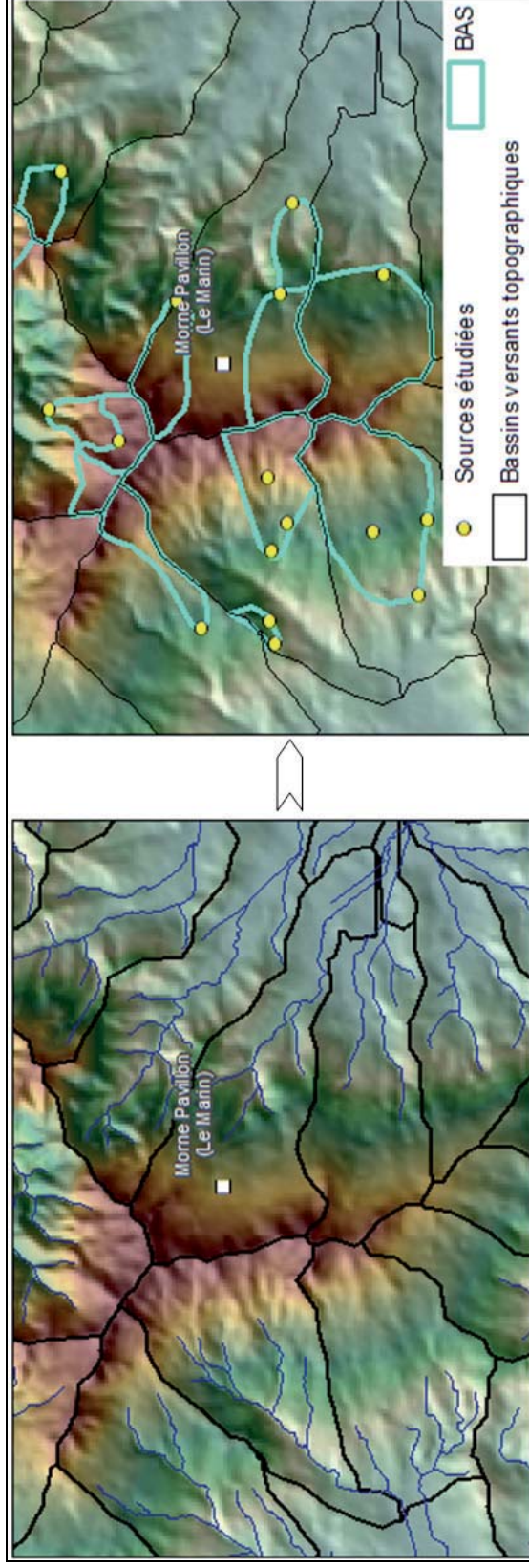


Illustration 8 : Exemples de délimitation de BAS

## 2.3. SYNTHÈSE DES ANALYSES RÉALISÉES PAR L'ARS ENTRE 2004 ET 2010

### 2.3.1. Introduction

Entre 2004 et 2010, plusieurs campagnes de prélèvements ont été réalisées pour analyser la qualité de l'eau des sources « bord de routes ». 129 sources ont ainsi été analysées à différentes fréquences, mais seules 19% des sources ont été prélevées à plus de 2 reprises (cf. Illustration 9). Les prélèvements ont été effectués par l'ARS et les analyses réalisées par le laboratoire départemental d'analyses de la Martinique, et le laboratoire départemental d'analyses de la Drôme.

Les données ont ensuite été intégrées à la base de données SISE-EAUX de l'ARS. Une extraction de cette base de données a été faite par l'ARS (mars 2010) et transmise au BRGM. Une géodatabase<sup>1</sup> a ensuite été créée par le BRGM.

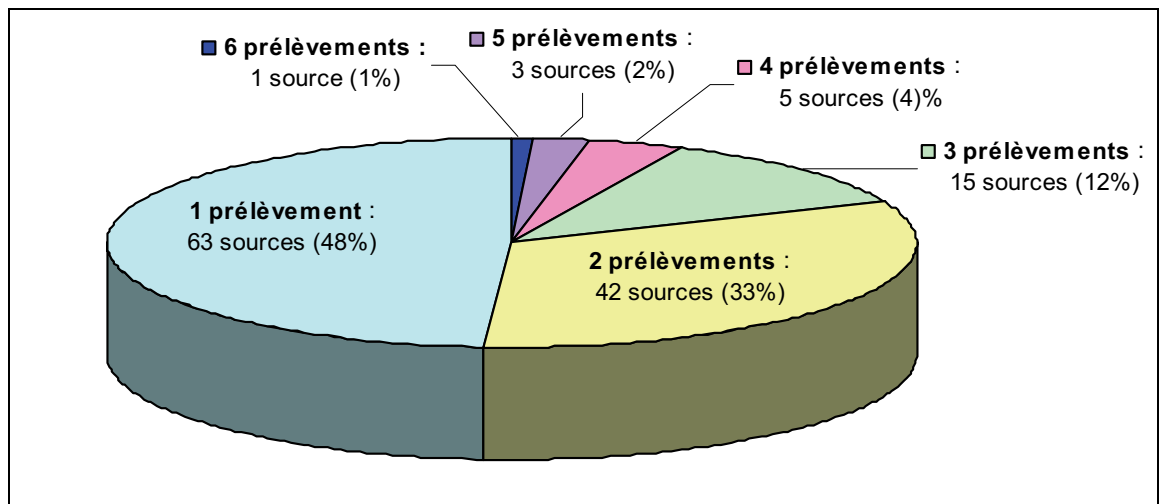


Illustration 9 : Répartition du nombre de prélèvements effectués pour les 129 sources analysées (ARS)

Le bilan présenté ici est donc dépendant des données disponibles. Pour de nombreux paramètres et pour les pollutions diffuses en particulier (nitrates et pesticides), les variations saisonnières sont telles que 2 prélèvements par an ne suffisent pas à apprécier le niveau de contamination de la source (le nombre de prélèvements par source et la liste des paramètres analysés est présenté en annexes 2 et 3).

<sup>1</sup> Il s'agit d'une base de données géographique au format ArcDesktop® : c'est une base de données unique, qui peut intégrer des objets cartographiques et non cartographiques. La gestion des données est réalisée pour partie sous un environnement bureautique (Microsoft® ACCESS) et pour partie sous ArcGis® pour les entités géoréférencées.

Il est rappelé que la totalité des sources dites « bord de routes » sont non potables ; en effet, aucune garantie de qualité ne peut être apportée pour une consommation humaine. Ces sources ne sont pas potables même si aucune contamination n'a été mise en évidence.

### 2.3.2. Caractérisation de chaque source analysée, par famille de contaminants.

Afin de pouvoir donner des notes traduisant l'état de contamination de chaque source par rapport aux pollutions (bactéries, nitrates, produits phytosanitaires), des classes de concentrations sont déterminées<sup>2</sup>.

#### Bactéries :

La valeur utilisée pour établir la notation est la teneur la plus élevée entre les résultats d'analyse pour le paramètre Eschérichia Coli et le paramètre Entérocoques [quelque soit la méthode d'analyse (ML, MP, MF)].

- **0 (unité : nb/100mL)** : limite de qualité pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP), arrêté du 11/01/2007, Annexe I (eaux destinées à la consommation humaine) => **Note 0 : Absence de contamination**
- **0-10** : 10 est une recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)
  - **Note 2\* : Contamination avérée**
- **10-100**
  - **Note 3 : Contamination importante**
- **100-1000** : 100 et 1000 sont des bornes d'ordres de grandeur
  - **Note 4 : Contamination très importante**

*\* Il n'y a pas de note 1 pour la bactériologie par cohérence avec les autres paramètres (nitrates et produits phytosanitaires). Dès que la limite de qualité AEP est dépassée, la note est en effet  $\geq 2$ .*

#### Nitrates : unité : mg/l

- **0** : absence de nitrates
  - **Note 0 : Absence de contamination**
- **< 5** : pression anthropique absente ou négligeable
  - **Note 1 : Pression anthropique absente ou négligeable**
- **5-25** : 25 = recommandation arrêté du 11/01/2007 pour l'AEP
  - **Note 2 : Risque de dégradation**
- **25-50** : 50 = limite de qualité AEP, arrêté du 11/01/2007, Annexe I
  - **Note 3 : Dépassement du seuil d'alerte**
- **50-100** : 100 = limite de qualité pour les eaux brutes non superficielles destinées à la production d'eau potable, arrêté du 11/01/2007, Annexe II

---

<sup>2</sup> Nota : Dans la suite du rapport, l'abréviation « arrêté du 11/01/2007 » fera référence à : « Arrêté du 11/01/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique »



- Note 4 : Dépassement du seuil de potabilité

Produits phytosanitaires : unité : µg/l

- **0 (< LQ)** : absence de produit phytosanitaire
  - Note 0 : Absence de contamination
- **0-0,1** (Sauf dieldrine et Héptachlore époxyde : **0 – 0,03**) : présence de produit(s) phytosanitaire(s) – limite de qualité AEP, arrêté du 11/01/2007, Annexe I
  - Note 1 : Présence de produit(s) phytosanitaire(s)
- **0,1-1** (Sauf dieldrine et Héptachlore époxyde : **0,03 – 0.1**) : contamination avérée
  - Note 2 : Contamination avérée
- **1-10** : contamination importante
  - Note 3 : Contamination importante
- **> 10** : contamination très importante
  - Note 4 : Contamination très importante

La chlordécone et le HCH (alpha, bêta, ...) - *i.e.* le lindane et ses énantiomères – seront traités séparément : ils atteignent en effet des teneurs souvent largement supérieures aux autres paramètres.

Pour chaque source analysée, la note finale sera calculée ainsi

---

**Note finale =**

**Note** Bactério + **Note** Nitrates + **Max (Note** Chlordécone, **Note** HCH ,**Note** Autres Phyto) + **Malus**  
 Malus = 2 si le seuil de potabilité est dépassé à la fois pour le chlordécone, le lindane (ou un énantiomère) et un autre produits phyto.  
 Malus = 1 si le seuil de potabilité est dépassé pour 2/3 des familles citées (chlordécone, lindane et autres produits phytosanitaires).

---

L'utilisation de classes de concentrations, nécessaire à l'établissement de notes sur l'état de pollution d'une eau, n'empêche pas la présentation des valeurs brutes des paramètres, nécessaires à une exploitation technique de l'étude. La visualisation de ces données brutes est facilitée par la création de la base de données et de l'atlas (cf. annexe 4).

### 2.3.3. Bilan de la qualité des sources

#### **Analyses bactériologiques**

85 % des sources analysées par l'ARS sont contaminées par des bactéries de type intestinal (*Escherichia Coli* et Entérocoques). La valeur de 10nb/100mL (seuil OMS) est dépassée pour 77% des sources. Les prélèvements se doivent d'être représentatifs de l'eau bue par la population, aussi, la contamination bactériologique est liée à l'eau souterraine et/ou aux ouvrages de captages.

La contamination est localisée sur l'ensemble du territoire de la Martinique, même si la masse d'eau Nord Caraïbes semble moins touchée que les masses d'eau Nord et Nord Atlantique (cf. Illustration 10).

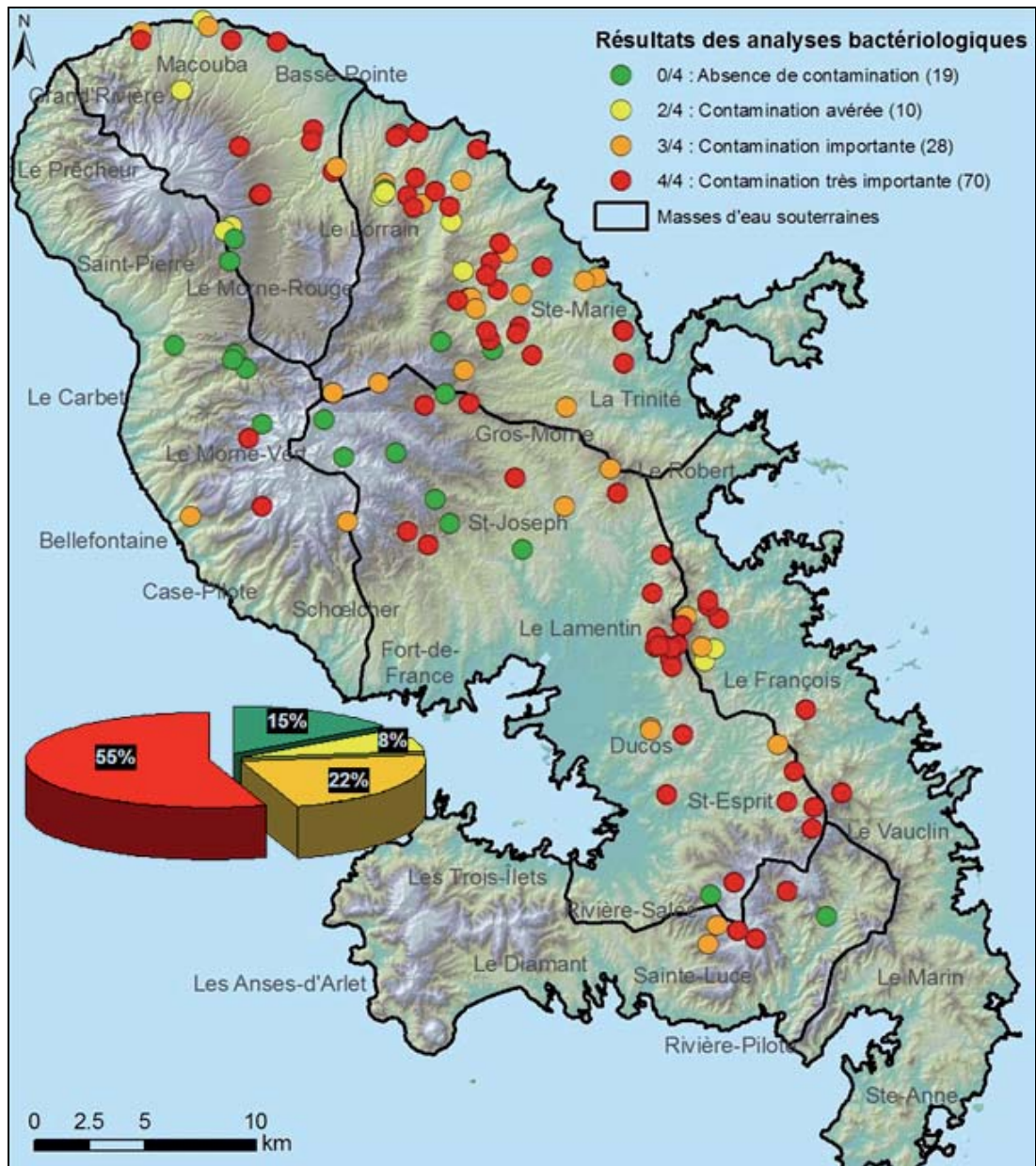


Illustration 10 : Cartographie des résultats des analyses bactériologiques

Les dix sources les plus contaminées de l'île pour E. Coli sont présentées dans le tableau 1 et celles pour Entérocoques dans le tableau 2. Elles sont localisées principalement sur les communes du Lamentin, du Robert et de La Trinité (cf. illustration 11).

Tableau 1 : Les 10 sources les plus contaminées (pour *Escherichia coli*)

Commune	Nom Source	Code BSS	Paramètre	Valeur	Unité	Date	Valeur moyenne	Nombre de mesures
LE FRANCOIS	SOURCE LA JACQUES	1179ZZ0309	Escherichia coli	300	n/100m	02/03/2005	300	1
LE ROBERT	SOURCE FONDS BRULES	1179ZZ0313	Escherichia coli	300	n/100m	22/02/2005	300	1
LE LAMENTIN	SOURCE CLOSE	1179ZZ0312	Escherichia coli	300	n/100m	24/01/2005	200	2
LE LAMENTIN	SOURCE BODARD	1179ZZ0285	Escherichia coli	300	n/100m	24/01/2005	200	2
LA TRINITE	SOURCE BASSIGNAC	1175ZZ0166	Escherichia coli	300	n/100m	22/02/2005	181	3
LA TRINITE	SOURCE MORNE FIGUE	1175ZZ0153	Escherichia coli	300	n/100m	22/02/2005	150	2
LE LAMENTIN	SOURCE FREDEE	1179ZZ0282	Escherichia coli	300	n/100m	24/01/2005	150	2
LE LAMENTIN	SOURCE DUPUY	1179ZZ0291	Escherichia coli	300	n/100m	24/01/2005	150	2
LE LAMENTIN	SOURCE BELLEVUE 2	1179ZZ0286	Escherichia coli	300	n/100m	24/01/2005	150	2
LE VAUCLIN	SOURCE LES DAMES	1183ZZ0076	Escherichia coli	300	n/100m	04/07/2006	133.33	3
LA TRINITE	SOURCE BRIN D'AMOUR	1175ZZ0167	Escherichia coli	300	n/100m	22/02/2005	133.33	3

Tableau 2 : Les 10 sources les plus contaminées (pour Entérocoques)

Commune	Nom Source	Code BSS	Paramètre	Valeur	Unité	Date	Valeur moyenne	Nombre de mesures
LE ROBERT	SOURCE L'HEUREUX	1175ZZ0178	Entérocoques	641	n/100m	31/08/2006	323	2
LE FRANCOIS	SOURCE LA JACQUES	1179ZZ0309	Entérocoques	300	n/100m	02/03/2005	300	1
LE ROBERT	SOURCE FONDS BRULES	1179ZZ0313	Entérocoques	300	n/100m	22/02/2005	300	1
SAINTE-LUCE	SOURCE DE LAFITTE	1185ZZ0130	Entérocoques	300	n/100m	07/06/2004	300	1
DUCOS	SOURCE DARDANUS	1179ZZ0283	Entérocoques	300	n/100m	07/06/2004	300	1
LE VAUCLIN	SOURCE LES DAMES	1183ZZ0076	Entérocoques	300	n/100m	04/07/2006	184	2
LA TRINITE	SOURCE MORNE FIGUE	1175ZZ0153	Entérocoques	300	n/100m	22/02/2005	155.5	2
SAINTE-MARIE	SOURCE MLE FRANCOIS	1174ZZ0094	Entérocoques	300	n/100m	14/06/2004	150	2
LA TRINITE	SOURCE BASSIGNAC	1175ZZ0166	Entérocoques	300	n/100m	22/02/2005	148.67	3
LE ROBERT	SOURCE LAN MAISON	1179ZZ0314	Entérocoques	208	n/100m	11/05/2006	75.33	3

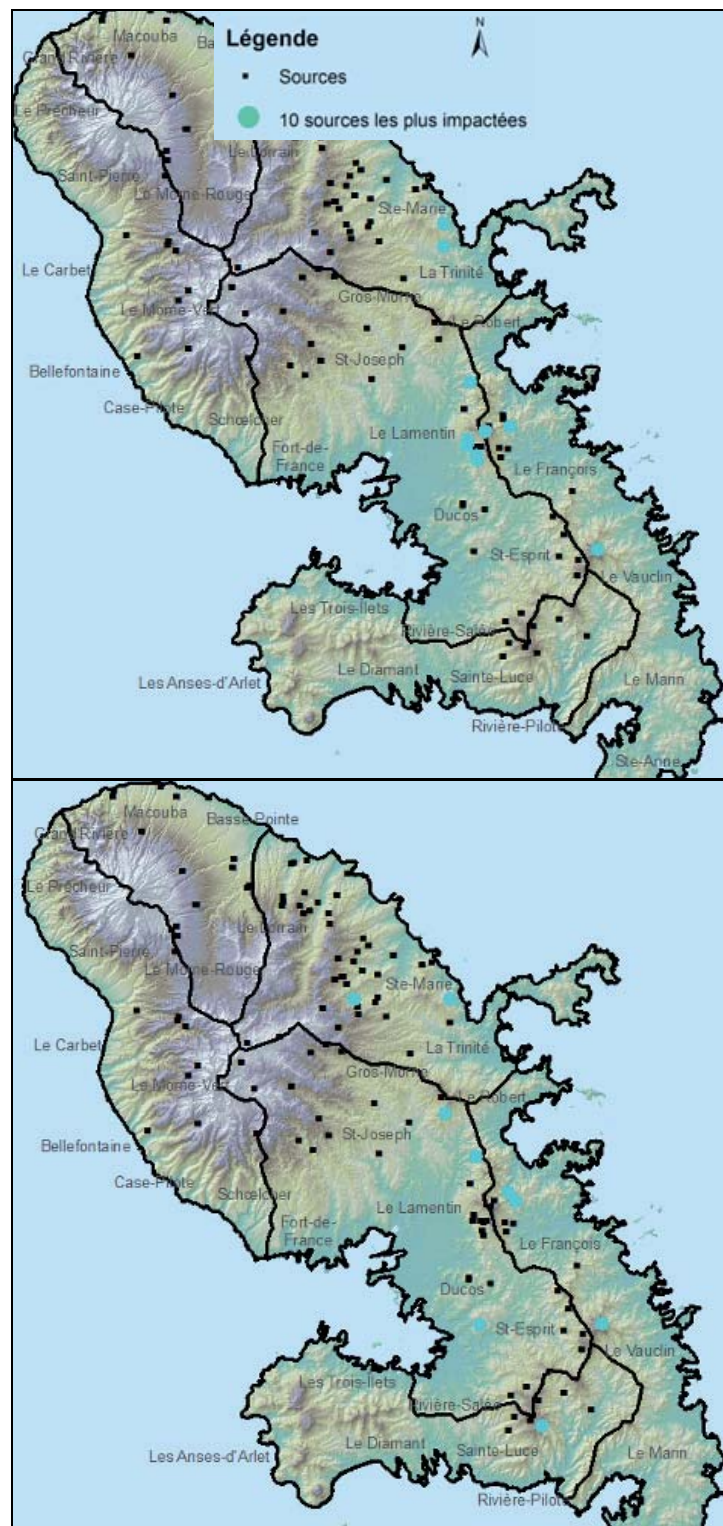


Illustration 11 : Cartographie des 10 sources les plus polluées par des bactéries (en haut : *Escherichia coli* et en bas : *Entérocoques*)

### Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les sources anthropiques de nitrates sont nombreuses et essentiellement liées au lessivage des engrais minéraux ou organiques ainsi qu'aux rejets domestiques. Dans un milieu tropical avec une végétation abondante on admet généralement qu'une teneur supérieure à 10 mg/L traduit un apport anthropique (Vittecoq et al., 2007). Ainsi un quart des sources étudiées semble soumis à une contamination d'origine anthropique. Pour 38% des sources analysées, les analyses ne révèlent pas de contamination (< 5mg/L). Mais pour les pollutions diffuses (nitrates et pesticides), les variations saisonnières et la pluviométrie (vis-à-vis du lessivage des sols) sont telles qu'un ou deux prélèvements ne suffisent pas à apprécier le niveau de contamination de la source.

Tableau 3 : Répartition des valeurs maximales en nitrates des sources par classes de concentrations

	Nombre de sources	en %
Absence de contamination (0 mg/L)	6	5
Pression anthropique absente ou négligeable (< 5 mg/L)	40	33
Risque de dégradation (5 - 10 mg/L)	32	26
Risque de dégradation (10 - 15 mg/L)	22	18
Risque de dégradation (15 - 20 mg/L)	6	5
Risque de dégradation (20 - 25 mg/L)	7	6
Dépassement du seuil d'alerte (25 - 50 mg/L)	5	4
Dépassement du seuil de potabilité (50 - 100 mg/L)	3	2

Les trois sources (*Bord de mer à Basse-Pointe, Dupotiche à Macouba et Kay Lélène à Basse-Pointe*), pour lesquelles les valeurs de concentration en nitrates mesurées dépassent le seuil de potabilité (50 mg/L), sont situées dans la masse d'eau Nord. L'évolution des teneurs en nitrates de cette masse d'eau doit donc être suivie avec attention, notamment avec la mise en suivi plus approfondi.

Les fortes concentrations (>25mg/L - Note 3) s'observent dans les secteurs les plus agricoles de l'île (partie Nord / Nord Atlantique).

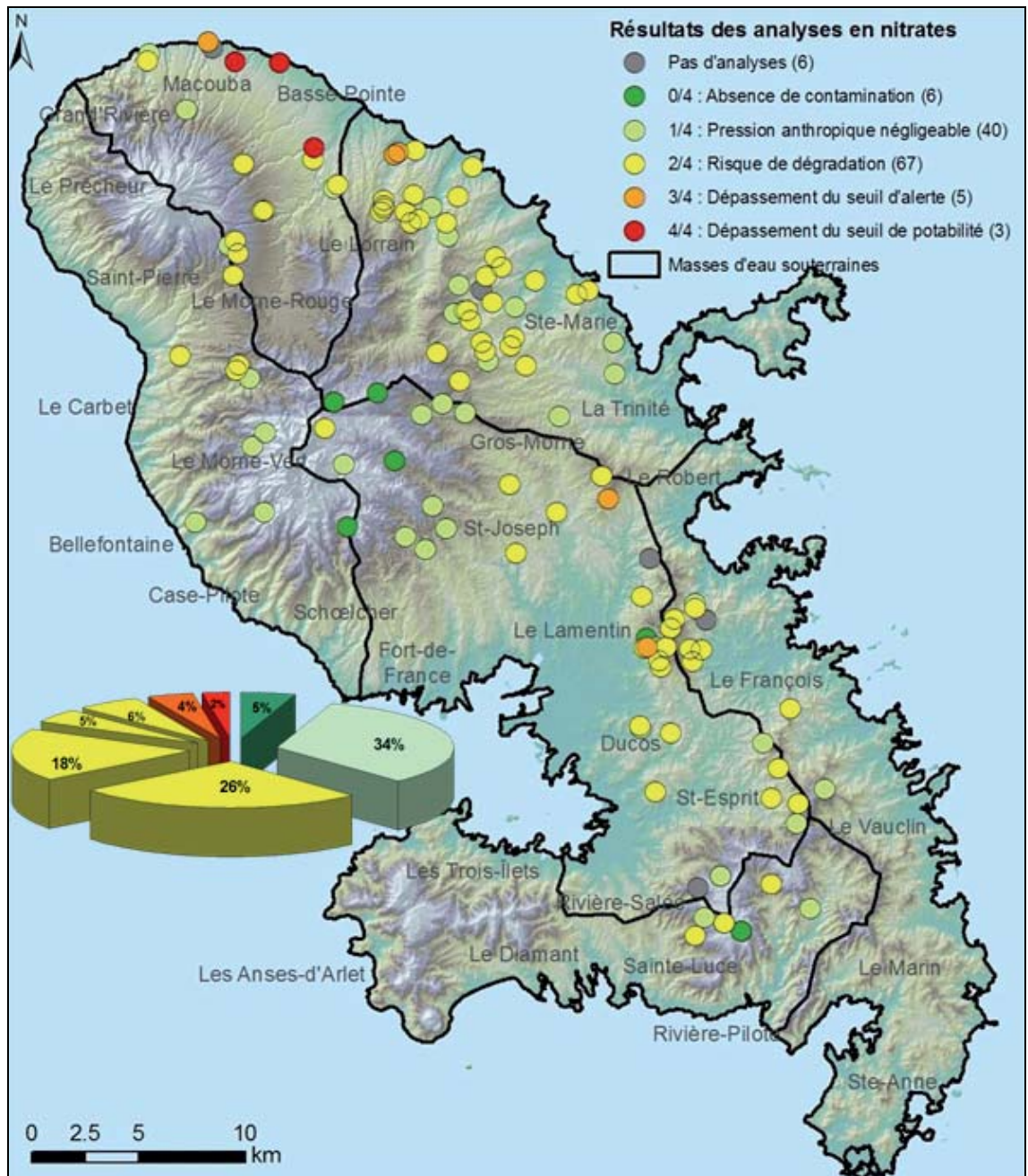


Illustration 12 : Cartographie des résultats des analyses en nitrates

Sur l'illustration ci-dessus, le diagramme représente la répartition du nombre de sources selon les classes de concentrations définies dans le Tableau 3 (la note 2 correspondant à la fourchette 5 – 25 mg/L est découpée en 4 sous-tranches).

Quelque soit la masse d'eau, les notes des sources sont majoritairement égale à 1 ou 2 (teneur en nitrates > 0 mg/L et ≤ 25mg/L). Le diagramme de dispersion ci-dessous, montre toutefois des différences notables entre les masses d'eau. Par exemple ; les sources situées sur la masse d'eau Sud Caraïbes ont toujours des notes inférieures ou égales à 2, alors que pour la masse d'eau Nord, la moyenne des notes est supérieure à 2.

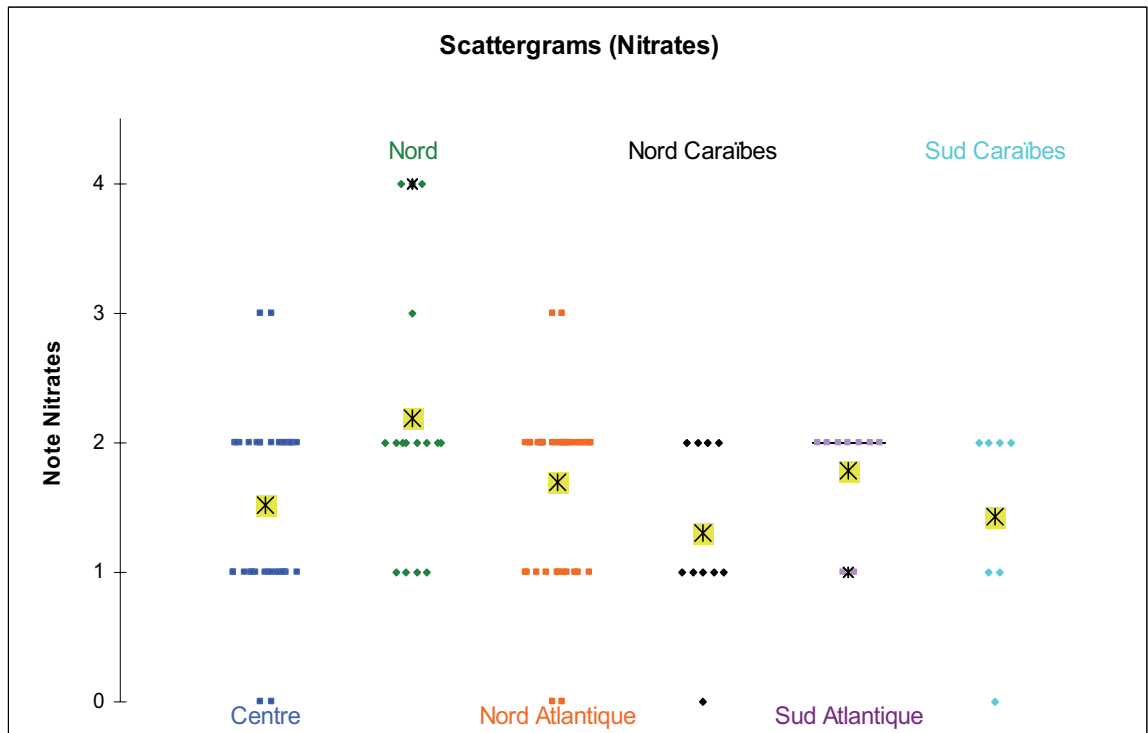


Illustration 13 : Diagramme de dispersion des notes obtenues pour les nitrates pour chaque source par masse d'eau (le symbole \* indique la moyenne des notes par masses d'eau)

Les 10 sources les plus contaminées en nitrates sont listées ci-dessous. Les concentrations restent proches du seuil (autour de 40 mg/L) pour les sources de Nord Plage et de Fond Brûlé.

Tableau 4 : Les 10 sources les plus contaminées en nitrates

Commune	Nom Source	Code BSS	Paramè	Valeur	Unité	Date	Valeur moyenne	Nombre de mesures
BASSE-POINTE	SOURCE KAY LELENE	1168ZZ0119	Nitrates	80	mg/L	02/07/2007	68.75	2
MACOUBA	SOURCE DUPOTICHE	1166ZZ0025	Nitrates	66.2	mg/L	02/07/2007	61.9	2
BASSE-POINTE	SOURCE DU BORD DE MER	1166ZZ0024	Nitrates	50	mg/L	25/07/2005	44.73	3
MACOUBA	SOURCE DE NORD PLAGE	1166ZZ0023	Nitrates	41.4	mg/L	09/01/2008	39.8	2
LE LORRAIN	SOURCE DE FOND BRÛLE	1169ZZ0165	Nitrates	40.6	mg/L	02/12/2008	40.6	1
LE LORRAIN	SOURCE HABITATION FOND BRULE	1169ZZ0166	Nitrates	33.3	mg/L	20/02/2008	32.2	2
LE ROBERT	SOURCE L'HEUREUX	1175ZZ0178	Nitrates	29.7	mg/L	31/08/2006	28.2	2
LE LAMENTIN	SOURCE TRIPEAU	1179ZZ0288	Nitrates	26.3	mg/L	11/12/2008	26.3	1
LE MARIGOT	SOURCE HABITATION CRASSOUS	1169ZZ0123	Nitrates	22.2	mg/L	15/10/2008	21.6	2
SAINT-ESPRIT	SOURCE MOQUETTE	1183ZZ0071	Nitrates	22.1	mg/L	03/11/2008	22.1	1

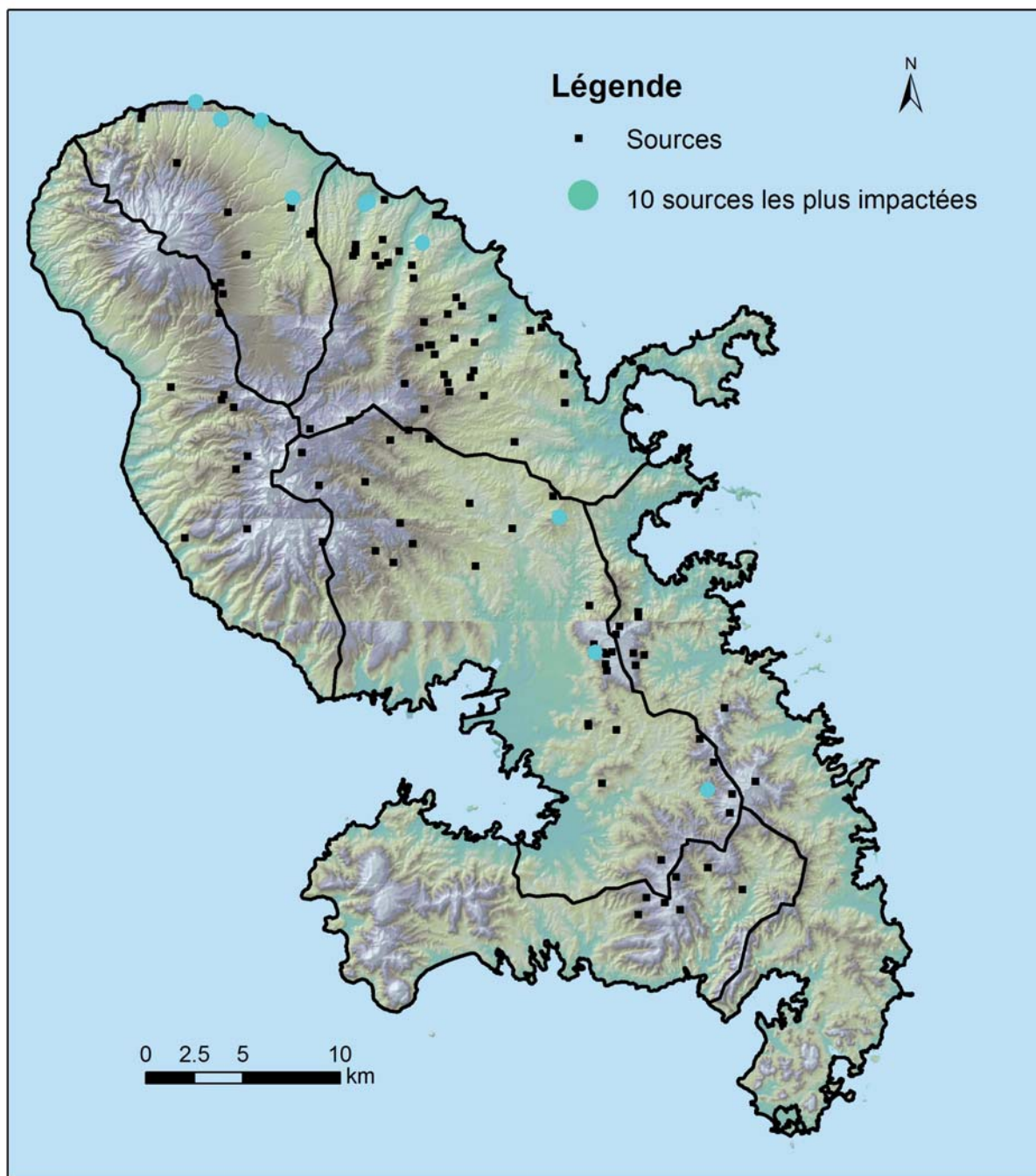


Illustration 14 : Cartographie des 10 sources les plus polluées en nitrates



### ***Produits phytosanitaires***

Le suivi de la qualité des eaux superficielles et souterraines en Martinique montre une large contamination en produits phytosanitaires (Arnaud et Wiart, 2010) dans les eaux souterraines. En saison des pluies 2009, 19 stations du réseau sur 20 enregistrent des concentrations en produits phytosanitaires supérieures aux valeurs seuil DCE de 0,1 µg/l (18 stations révèlent une contamination au chlordécone).

Les teneurs peuvent être très largement supérieures à 0.1 µg/L (valeur de potabilité retenue pour la plupart des produits phytosanitaires) : la teneur en chlordécone atteint ainsi 108,3 µg/l au Lorrain – Fond Brûlé (08207301), 44,4 µg/l à la source Basse Pointe - Socco Gradis et 17,3 µg/l à la source de Trinité – Morne Figue (08228002).

En ce qui concerne les sources analysées par l'ARS, la présence de produits phytosanitaires a été détectée pour 68 % d'entre elles et 35 sources sont considérées comme non potables à cause d'au moins une molécule.

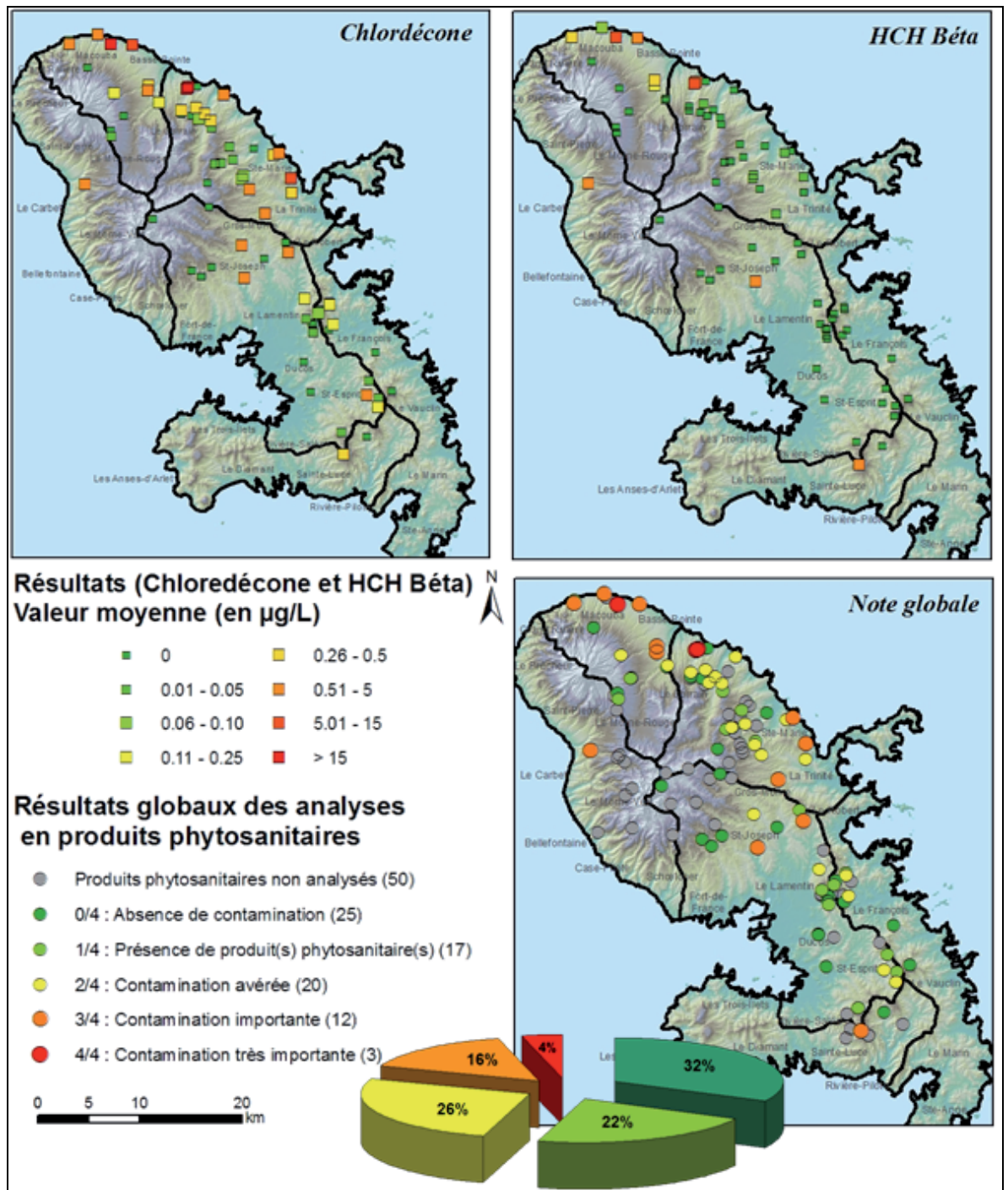


Illustration 15 : Cartographie des résultats des analyses en produits phytosanitaires

Sur les 401 produits phytosanitaires recherchés, 21 molécules ont été détectées au moins une fois.

Les molécules les plus fréquemment retrouvées sont par ordre croissant : la *chlordécone*, les énantiomères du *lindane* (HCH alpha, HCH bêta et HCH gamma), le *diuron* et son métabolite (1-(3,4-dichlorophényl)-3-méthylurée), l'*atrazine* et ses métabolites, la *dieldrine*, l'*aldicarbe* et ses métabolites, le *bromacil*, l'*hexazinone* et le glyphosate (+ AMPA).

Tableau 5 : Nombre de sources pour lesquelles la molécule (le « + » signifie que les métabolites et énantiomères sont comptabilisés) a été détectée.

Molécules	Nbre de sources, avec présence de la molécule
Chlordécone	49
Lindane +	29
Diuron +	14
Atrazine +	10
Dieldrine	8
Aldicarbe+	6
Bromacil	4
Hexazinone	4
Glyphosate +	4
Métalaxyle	2
Heptachlore +	1
Imidaclopride	1
Linuron	1
Métolachlore	1
Propiconazole	1
Simazine	1
Thiabendazole	1

Il s'agit en grande partie de molécules interdites (en italiques) et qui ne sont parfois plus utilisées depuis plusieurs années. La date d'interdiction est toutefois variable : de 1993 pour la chlordécone à fin 2008 pour le diuron).

Tableau 6 : Classement des molécules retrouvées en fonction de leur usage

Usage	Molécules	Catégorie
Usage Ancien	Chlordécone	Insecticide
	Heptachlore époxyde	Insecticide
	Famille HCH - Lindane	Insecticide et ses produits de dégradation
Usage Ancien et récent	Dieldrine	Insecticide
	Atrazine	Herbicide
Usage Récent	Bromacil	Herbicide
	Hexazinon	Herbicide
	Glyphosate	Herbicide
	AMPA	Produit de dégradation du Glyphosate
	Diuron	Herbicide
	Linuron	Herbicide
	Aldicarbe	Herbicide

L'illustration suivante présente par molécule, la **répartition du nombre de sources**, pour lesquelles la molécule a été détectée au moins une fois, **par masses d'eau**.

Il faut toutefois interpréter ce graphique avec précaution, car le nombre de sources analysées pour les produits phytosanitaires diffère d'une masse d'eau à l'autre. En effet, une seule source a été analysée pour la masse d'eau Nord Caraïbes et les masses d'eau du Sud comportent moins de sources, que celle du Nord Atlantique.

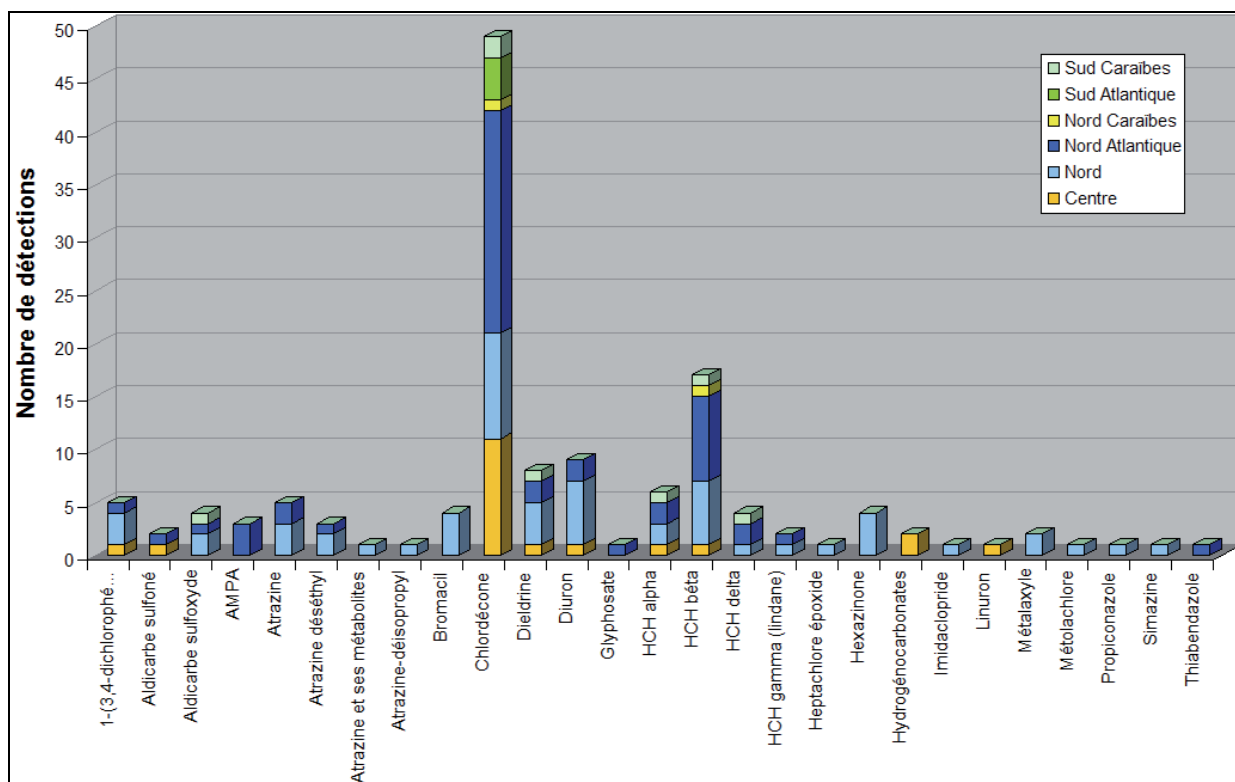


Illustration 16 : Répartitions des sources "avec détection de la molécule" par masses d'eau

Les sources pour lesquelles les teneurs en produits phytosanitaires sont très élevées sont listées ci-dessous. Ces teneurs sont 10 à 500 fois supérieures à la norme de potabilité.

Tableau 7 : Les 20 sources les plus contaminées (pesticides)

Commune	Nom Source	Code BSS	Paramètre	Valeur	Unité	Date	Valeur moyenne	Nombre de mesures
LE LORRAIN	SOURCE DE FOND BRÛLE	1169ZZ0165	Chlordécone	51.7	µg/l	02/12/2008	44.35	2
LE LORRAIN	SOURCE HABITATION FOND BRULE	1169ZZ0166	Chlordécone	24.3	µg/l	20/02/2008	21.5	2
MACOUBA	SOURCE DUPOTICHE	1166ZZ0025	Chlordécone	19	µg/l	02/07/2007	18.45	2
BASSE-POINTE	SOURCE DU BORD DE MER	1166ZZ0024	Chlordécone	8.7	µg/l	02/07/2007	6.57	3
MACOUBA	SOURCE DUPOTICHE	1166ZZ0025	Bromacil	8.2	µg/l	02/07/2007	4.1	2
LA TRINITE	SOURCE MORNE FIGUE	1175ZZ0153	Chlordécone	8.1	µg/l	25/11/2008	5.8	2
MACOUBA	SOURCE DUPOTICHE	1166ZZ0025	HCH bêta	8	µg/l	02/07/2007	6.3	2
BASSE-POINTE	SOURCE KAY LELENE	1168ZZ0119	Bromacil	6.9	µg/l	26/11/2008	5.15	2
MACOUBA	SOURCE CASE PAUL	1166ZZ0042	HCH bêta	6.8	µg/l	10/12/2008	4.25	2
LE LORRAIN	SOURCE HABITATION FOND BRULE	1169ZZ0166	HCH bêta	6.7	µg/l	20/02/2008	6.1	2
LE LORRAIN	SOURCE DE FOND BRÛLE	1169ZZ0165	HCH bêta	6.7	µg/l	02/12/2008	4.5	2
BASSE-POINTE	SOURCE DU BORD DE MER	1166ZZ0024	HCH bêta	6.4	µg/l	02/07/2007	4.57	3
LE ROBERT	SOURCE L'HEUREUX	1175ZZ0178	Chlordécone	4.4	µg/l	25/11/2008	2.7	2
SAINT-JOSEPH	SOURCE DEWOUVRES	1178ZZ0222	Chlordécone	2.96	µg/l	09/12/2008	2.96	1
SAINT-PIERRE	SOURCE ST JAMES	1173ZZ0133	Chlordécone	2.6	µg/l	15/12/2008	2.6	1
MACOUBA	SOURCE DE NORD PLAGE	1166ZZ0023	Chlordécone	2.6	µg/l	01/12/2008	1.36	2
GROS-MORNE	SOURCE DELYON (BAREGE)	1174ZZ0137	Chlordécone	2.3	µg/l	20/02/2008	1.29	2
GRAND-RIVIER	SOURCE GRAND RIVIERE	1165ZZ0003	Chlordécone	2.1	µg/l	01/12/2008	1.69	2
L'AJOUPA-BOU	SOURCE LES OMBRAGES	1168ZZ0060	Chlordécone	1.7	µg/l	13/06/2006	1.5	2
SAINTE-MARIE	SOURCE ANSE AZEROT	1170ZZ0052	Chlordécone	1.6	µg/l	06/10/2008	1.6	1



Illustration 17 : Cartographie des 20 sources les plus polluées en produits phytosanitaires



### 3. Hiérarchisation des sources en fonction de leur vulnérabilité et des pressions exercées sur leur bassin d'alimentation

#### 3.1. VULNERABILITÉ

La **vulnérabilité** est le « défaut de protection ou de défense naturelle de l'eau souterraine contre des menaces de pollution, en fonction des conditions hydrogéologiques locales » (définition retenue par le Comité National Français des Sciences Hydrologiques).

Autrement dit, la vulnérabilité est le terme utilisé pour représenter les caractéristiques du milieu naturel qui déterminent *la sensibilité des eaux souterraines à la pollution*. Elle décrit la vitesse de propagation d'un polluant vers et dans la nappe d'eau souterraine et caractérise la capacité de «protection» d'une nappe vis-à-vis d'une pollution.

La pollution de l'eau souterraine est une altération qui la rend impropre à une de ses utilisations ou perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut être provoquée par différentes sources comme l'utilisation de produits phytosanitaires (insecticide, herbicide, fongicide), les engrais (azotés, etc.), les accidents industriels (fuite de cuve, incendie, etc.) ou routiers (vidange de la cargaison d'un camion), les fuites des réseaux d'égouts, les décharges sauvages de déchets domestiques ou industriels, etc.....

Les polluants susceptibles d'atteindre la nappe sont ainsi de nature diverse et ont des comportements très différents lors de leur migration dans le sol et le sous-sol. La mobilité et la persistance des substances dans le sous-sol sont très variées selon leur solubilité, leur facilité à être biodégradées, etc. Ces mécanismes très complexes dépendent non seulement de la nature des polluants mais aussi des conditions de pH, de l'activité microbiologique, de l'humidité et de la teneur en matière organique des sols. Des études restent donc à mener pour améliorer l'état actuel des connaissances, en particulier pour ce qui concerne le transfert des pesticides vers les eaux souterraines.

La prise en compte de la nature des polluants dans la cartographie de la vulnérabilité supposerait donc de dresser de nombreuses cartes, prenant en compte les spécificités liées aux différentes espèces. De fait, nous utiliserons la notion de **vulnérabilité intrinsèque** qui contrairement à la vulnérabilité spécifique, est indépendante du polluant. En outre, la vulnérabilité intrinsèque peut être considérée comme invariante dans le temps (à notre échelle de travail) alors que la vulnérabilité spécifique (directement liée aux polluants éventuels) est évolutive et ne caractérise qu'un instant précis.

La vulnérabilité intrinsèque traduit en fait **la capacité du premier réservoir souterrain à recevoir les eaux issues de la surface**. Le transfert de ces eaux issues de la

surface dans le sol s'effectue d'abord à travers la zone non saturée (ZNS) avant d'atteindre la zone saturée. La ZNS est la zone du sous-sol comprise entre la surface du sol et la surface d'une nappe libre. Elle représente la zone d'infiltration de l'aquifère (cf. Illustration 18)

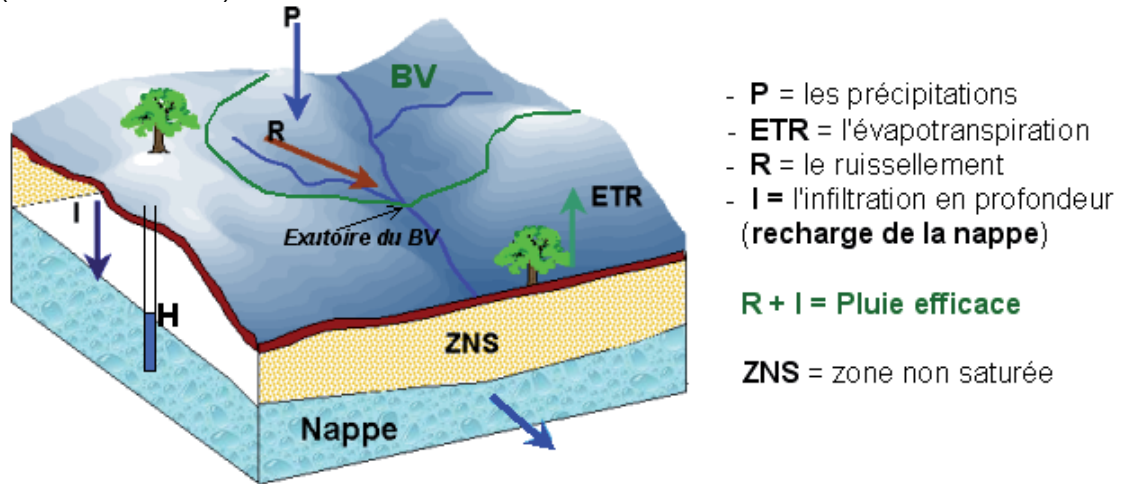


Illustration 18 : Schéma simplifié du fonctionnement d'un hydrosystème

### 3.1.1. Rappel sur l'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR)

L'IDPR s'intéresse à ces corrélations et met en exergue celles qui sont supposées d'ordre géologique. Arbitrairement, cette approche minimise les autres facteurs et cela même si le climat (paléoclimat), la végétation, l'action de l'homme ont un rôle important dans l'évolution du tracé des cours d'eau. Ainsi dans l'hypothèse d'un milieu parfaitement homogène, de perméabilité nulle, seule la pente et la morphologie des reliefs guident la mise en place des cours d'eau.

La recherche des talwegs<sup>3</sup> ou lignes de plus grande pente qui par la gravité, rassemblent les eaux de ruissellement, doit donc conduire à la reproduction du réseau hydrographique. Dans la réalité, ce réseau hydrographique théorique diffère du réseau naturel et cette différence traduit la complexité du milieu naturel. L'idée qui sous tend l'IDPR découle donc du postulat suivant,

**Si l'organisation du réseau de drainage, des talwegs, dépend du modelé des terrains naturels; si l'organisation du réseau hydrographique dépend du contexte géologique qui le supporte : alors l'écart entre le réseau des talwegs et le réseau hydrographique traduit l'influence du milieu souterrain.** Ainsi, un bassin formé de matériaux très perméables aura en général un réseau hydrographique de densité faible comparativement à la densité des talwegs calculés.

<sup>3</sup> Talweg est à l'origine un mot allemand signifiant : chemin de la vallée



À l'inverse, un bassin formé de roches imperméables mais meubles et érodables, des marnes par exemple, va souvent présenter un réseau hydrographique de densité plus élevée.

L'IDPR devient ainsi un moyen de quantifier indirectement la fonction de transfert des eaux météoritiques depuis la surface vers le sous-sol. Il compare un réseau théorique établi selon l'hypothèse d'un milieu parfaitement homogène (indice de développement **ID**), au réseau naturel mis en place sous le contrôle d'un contexte géologique hétérogène (de persistance des réseaux **PR**).

La carte de vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines de la Martinique a été élaborée grâce à une méthode indirecte basée sur l'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux a été retenue. Elle utilise les deux critères suivants :

- **cet indice** qui permet de rendre compte de façon indirecte de la capacité intrinsèque des formations du sous-sol à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux de pluie. Cette notion d'infiltration est requise dans l'élaboration de toute carte de vulnérabilité et l'IDPR peut se substituer à de nombreux critères usuellement employés.
- **l'épaisseur de la zone non saturée** : dans un milieu continu ou assimilé continu, la vulnérabilité de l'aquifère diminue avec la profondeur à laquelle il se trouve.

L'IDPR se fonde sur l'analyse des réseaux hydrologiques et celle du modèle numérique de terrain de talwegs). Cette **approche indirecte** permet de s'affranchir de la détermination de critères tels que la perméabilité de l'aquifère, la nature de la ZNS et du sol, la cartographie des discontinuités.... Ces paramètres peuvent en effet être approchés à une petite échelle (par exemple pour évaluer la vulnérabilité du bassin d'alimentation d'un captage), mais ils sont très difficiles à estimer avec précision à une échelle départementale ou régionale.

L'IDPR tend ainsi à unifier et simplifier l'approche géomorphologique relative à la nature des formations de couverture des premières nappes rencontrées.

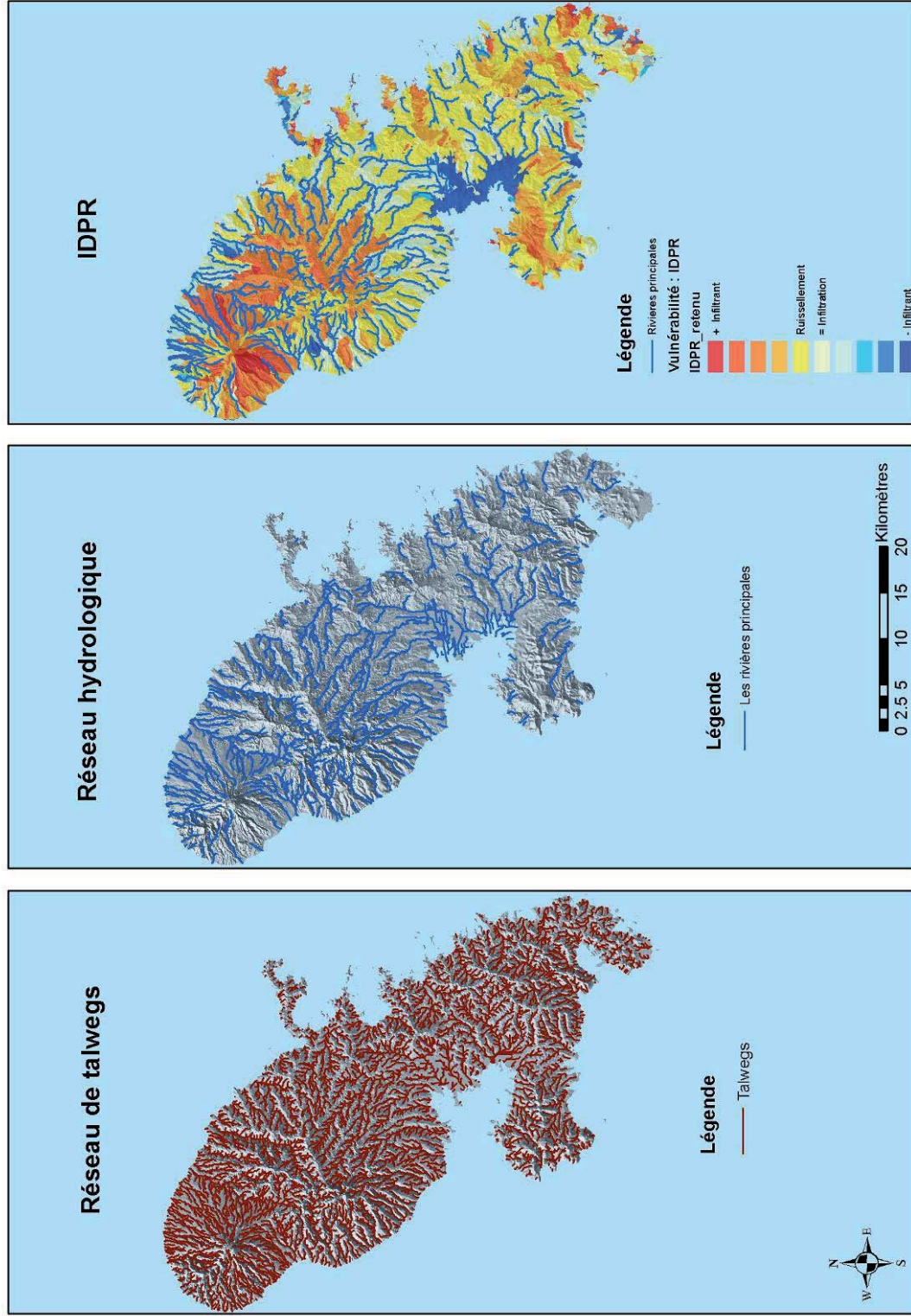


Illustration 19 : Cartes de l'IDPR Martinique

### 3.1.2. La carte de vulnérabilité en Martinique

La carte de vulnérabilité intrinsèque de la Martinique a été réalisée en 2008 (Allier et *al.*, 2008). L'analyse de la vulnérabilité intrinsèque des premiers aquifères rencontrés a été menée sur la combinaison de trois critères : l'indice de développement et persistance des réseaux (IDPR), le type de nappe et l'épaisseur de la zone non saturée (ZNS). La méthode simplifiée de l'IDPR apparaît tout à fait adaptée à la réalisation de cartes de vulnérabilité intrinsèque en milieu volcanique.

Globalement, sur cette carte, on constate qu'environ la moitié du territoire présente une vulnérabilité moyenne, un quart une vulnérabilité plus forte et un quart une vulnérabilité plus faible.

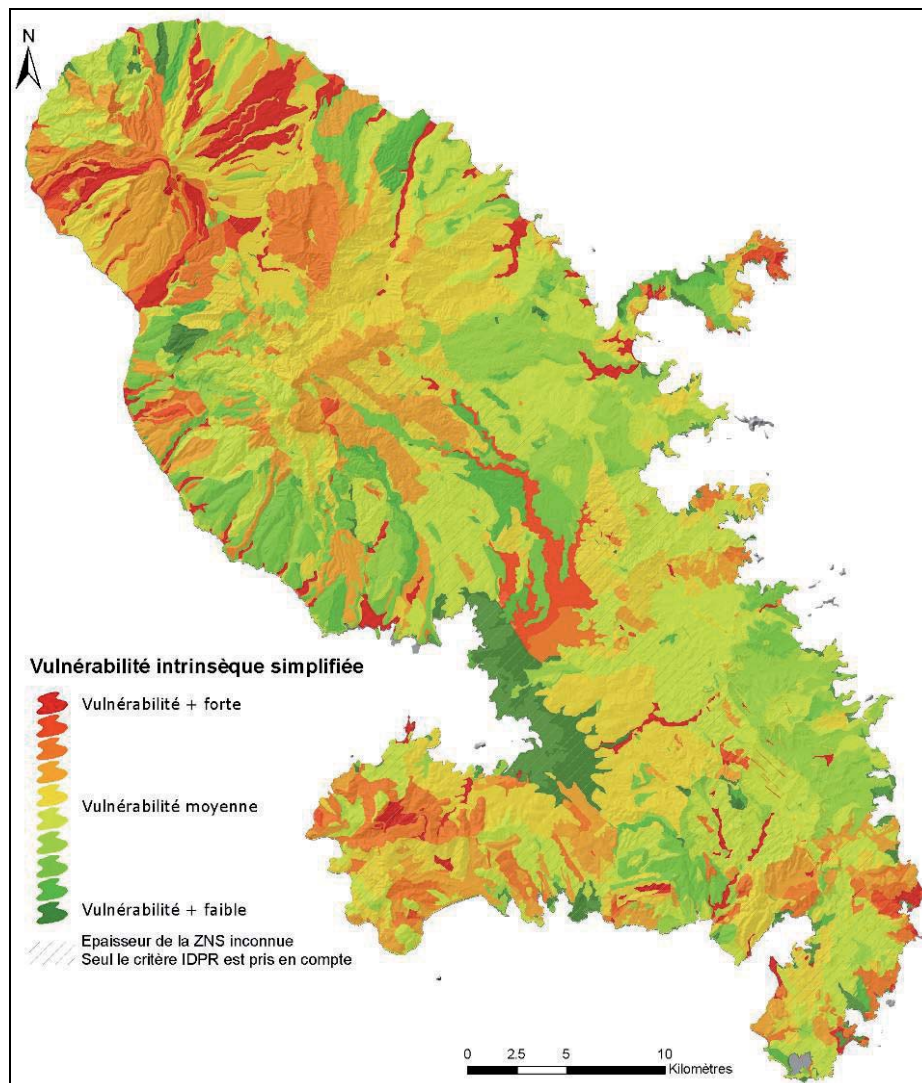


Illustration 20 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines de la Martinique

Les secteurs où la vulnérabilité est la plus forte se répartissent ainsi :

- Autour de la Montagne Pelée, un certain nombre d'unités présente une forte vulnérabilité, il s'agit des aquifères situés dans les nuées ardentes et ponces. Dans ce type de formation les nappes sont libres et l'épaisseur de zone non saturée est globalement élevée. Les perméabilités de ce type de milieu sont également les plus fortes observées en Martinique, et, compte tenu du caractère libre des nappes, ces formations auraient donc une plus forte vulnérabilité.
- Les nombreuses petites nappes alluviales accompagnant les principales rivières de l'île seraient également fortement vulnérables. Ces nappes libres, avec une très faible épaisseur de zone non saturée, seront donc les premières à être atteintes en cas de pollution.
- Dans le sud, un certain nombre d'unités auraient une plus forte vulnérabilité : les mornes dans les hauteurs des Trois îlets, les Grands Fonds et les environs du Cap Macré au Marin.

Les secteurs où la vulnérabilité est la plus faible se répartissent ainsi :

- La mangrove de la baie de Fort de France (et par extension toutes les zones de mangroves) sont des zones où le ruissellement est majoritaire : l'infiltration y est donc très faible et la vulnérabilité des nappes d'eau souterraines sous-jacentes, si elles existent, doit être faible (pour ce type de nappe se posera néanmoins la problématique du biseau salé).
- Sur la côte Caraïbes, mais aussi ponctuellement dans le Nord Atlantique ou le centre, plusieurs secteurs seraient peu vulnérables : il s'agit dans la majorité des cas de lahars ou de conglomérats, formations intrinsèquement peu perméables ce qui confirme bien leur faible vulnérabilité.
- Enfin, le secteur du Vauclin, caractérisé par des hyaloclastites serait moins vulnérable.

Il faut rappeler qu'il s'agit d'une carte de vulnérabilité relative : l'intérêt d'une telle carte est de pouvoir comparer des secteurs entre eux et de pouvoir définir ainsi lequel est plus vulnérable (ou moins) que l'autre.

## 3.2. PRESSIONS ANTHROPIQUES

Pour cette étude, les cartes de pressions suivantes ont été utilisées :

- ✓ des intrants agricoles :
  - nitrates & produits phytosanitaires d'une part
  - chlordécone d'autre part
- ✓ et de l'urbanisation (bâti et réseau routier).

A l'exception, de l'urbanisation, les cartes de pression présentées dans ce paragraphe sont celles qui ont été établies en 2008 dans le cadre de l'étude : « Système d'information sur les eaux souterraines de Martinique : synthèse cartographique (Pinson et *al.*, 2008).

### 3.2.1. Agriculture

Les nitrates et les produits phytosanitaires ont été appréhendés grâce à l'Atlas de la sole agricole (ASP). Il a pour objectif de fournir un outil de connaissance du territoire, mis à jour annuellement et d'accompagner la mise en place de la politique foncière notamment dans le cadre de la préservation des espaces naturels et agricoles.

C'est une cartographie détaillée sur la base des photos aériennes de 2004 auxquelles se superposent des informations à l'échelle des parcelles agricoles comme

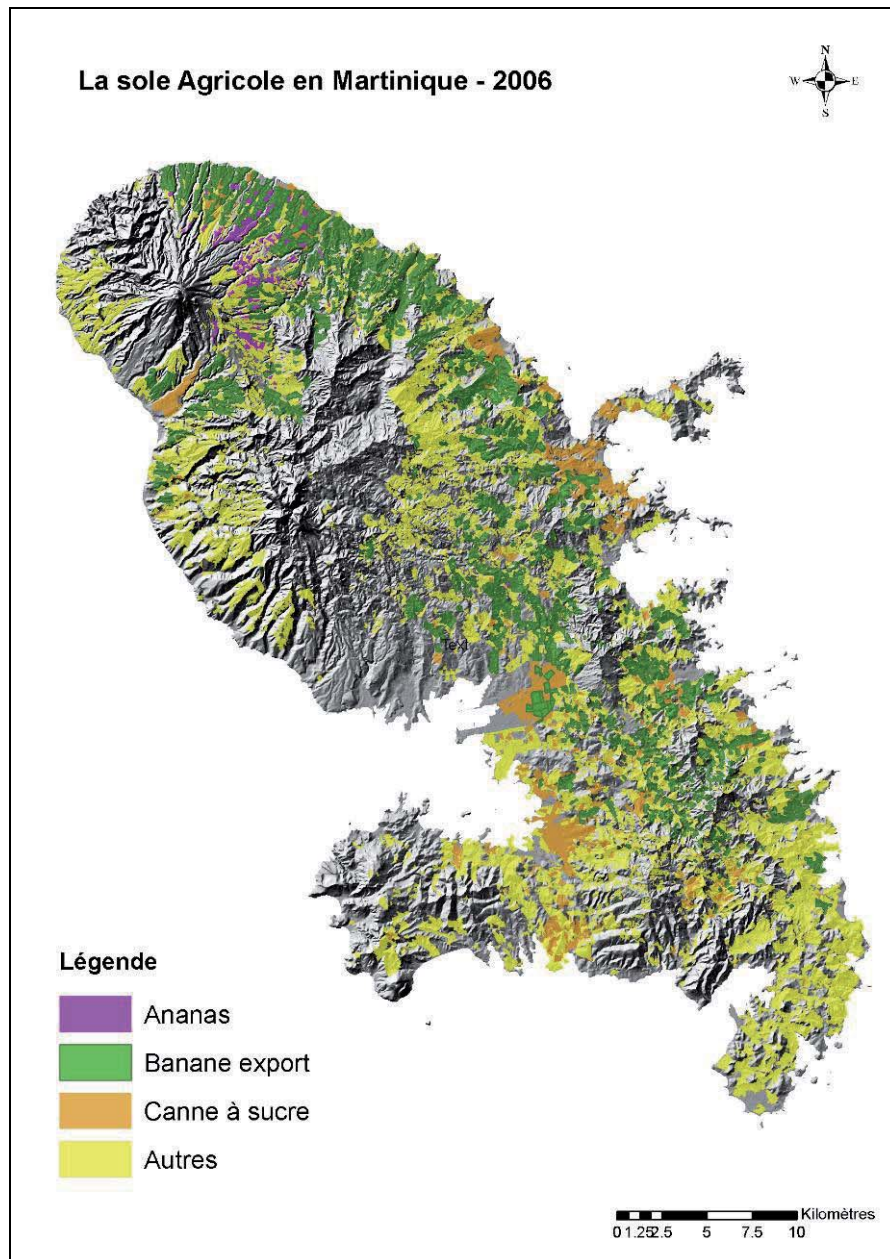
- les cultures en place ;
- les surfaces ;
- les limites des exploitations ;
- l'évolution constatée dans les déclarations entre 2005 et 2006.

Des zonages sont également affichables avec les périmètres irrigués et les zones agricoles protégées.

L'information cartographiée est issue des déclarations annuelles de surfaces agricoles faites auprès de la Direction de l'Agriculture et de la Forêt et de vérifications sur le terrain (surfaces exploitées ou en friche non déclarées).

Les sources de ces informations sont les suivantes:

- la Direction de l'Agriculture et de la Forêt de la Martinique pour le recensement agricole et les déclarations de surfaces 2005 ;
- l'INSEE pour les données statistiques ;
- l'IGN – BD ORTHO 2004 / BD TOPO 2000, pour les photos aériennes et les toponymes ;
- le Conseil Général de la Martinique avec l'Étude Prospective de l'Irrigation en Martinique : périmètres irrigués existants (Pise : périmètre irrigué du sud-est...) et projets de périmètres irrigués ;
- la SAFER Martinique : Zones Agricoles Protégées (ZAP) et projets de ZAP.



*Illustration 21 : La sole agricole en Martinique en 2006*

La carte de pression issue de ces données de base a été construite sur la base de la présence ou non de cultures.

### 3.2.2. La chlordécone

Le chlordécone est un pesticide organochloré utilisé entre 1981 et 1993 pour le traitement des bananiers notamment pour lutter contre le charançon. Ce pesticide appartient à la même famille que le DDT, le lindane et le mirex. Le chlordécone est un polluant organique persistant, extrêmement rémanent dans l'environnement qui peut s'avérer très toxique.

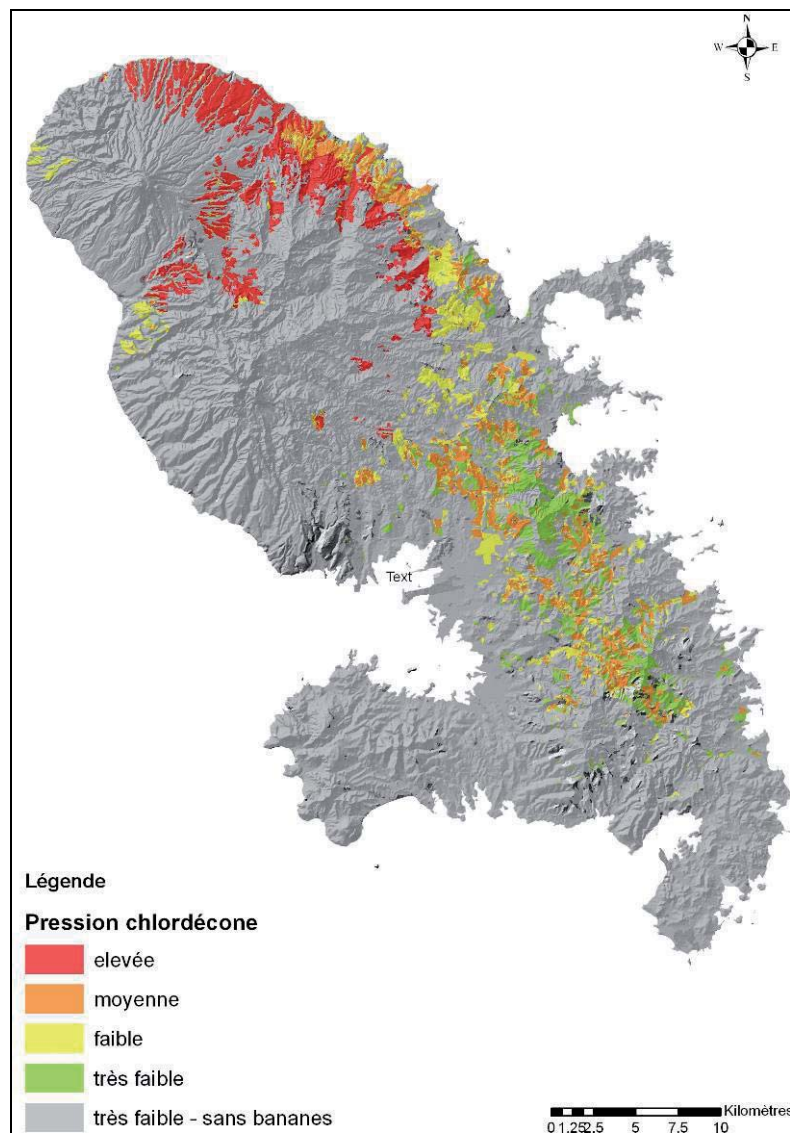


Illustration 22 : La pression chlordécone

La cartographie des sols potentiellement pollués par le chlordécone date de septembre 2007. Elle a été produite par la DIREN Martinique avec la collaboration de la DAF/SPV, c'est une mise à jour du travail réalisé par le BRGM en 2004 (Desprat et *al.*, 2004).

### **3.2.3. Urbanisation et réseau routier**

#### **➤ L'urbanisation**

La pollution des eaux peut être d'origine urbaine ou rurale. On peut également différencier les pollutions industrielles, domestiques ou agricoles. Différentes pollutions n'ont pas les mêmes causes ni les mêmes conséquences.

Qu'elle soit d'origine domestique, industrielle, ou liée à l'urbanisation en général, la pollution des villes est interceptée via des réseaux et acheminée vers des systèmes d'épuration. Lorsque les réseaux de collecte ou les stations d'épuration ne fonctionnent pas correctement, la pollution non traitée se retrouve directement dans le milieu naturel provoquant des dégradations de la qualité de l'environnement : diminution de la biodiversité du milieu aquatique, perte des possibilités d'utilisation de l'eau, ...

Par rapport à la carte de pression urbaine réalisée en 2008, qui était basée uniquement sur la présence de bâtiments ou non et leur densité, nous avons ajouté un critère supplémentaire qui est la proximité ou non de station d'épuration.

En effet, dans un premier temps, une délimitation des zones urbanisées et des zones non urbanisées a été réalisée en agrégeant les données sur le bâti à une distance de 50 m. Puis à partir de ces données statistiques et en observant la répartition de cette densité, nous avons mis en place un système de cotation pour évaluer la densité du bâti.

Une pression urbaine égale à 10 a été affectée aux polygones dont la valeur de densité est inférieure ou égale à 1000 bâtiments par polygone et une pression urbaine égale à 100 a été affectée aux polygones dont la valeur de densité est supérieure à 1000 bâtiments par polygone.

Dans un second temps, la distance entre les zones de bâti et les stations d'épuration a été calculée. À partir de la configuration du territoire de la Martinique, nous avons arrêté la typologie suivante :

- distance entre bâti et station d'épuration supérieure à 1000 m alors il s'agit de bâti avec un système d'assainissement autonome ;
- distance entre bâti et station d'épuration inférieure à 1000 m alors il s'agit de bâti raccordé à une station d'épuration.

Cette hypothèse, simplificatrice (même à proximité d'une station d'épuration, le bâti n'est pas forcément raccordé au réseau), a été retenue par défaut en l'absence d'un zonage géoréférencé de l'assainissement en Martinique.



Toutefois, avec ce type d'approche, 63 % des zones de bâti sont concernées par l'assainissement autonome, or selon la DIREN Martinique, 60 % de la population est concernée par l'assainissement autonome.

Enfin la pression urbaine (issue de la densité du bâti) est pondérée en fonction du type d'assainissement de la manière suivante :

- si l'assainissement est autonome alors la pression urbaine sera multipliée par 10 ;
- si le bâti est raccordé à une station d'épuration, la pression urbaine n'est pas modifiée.

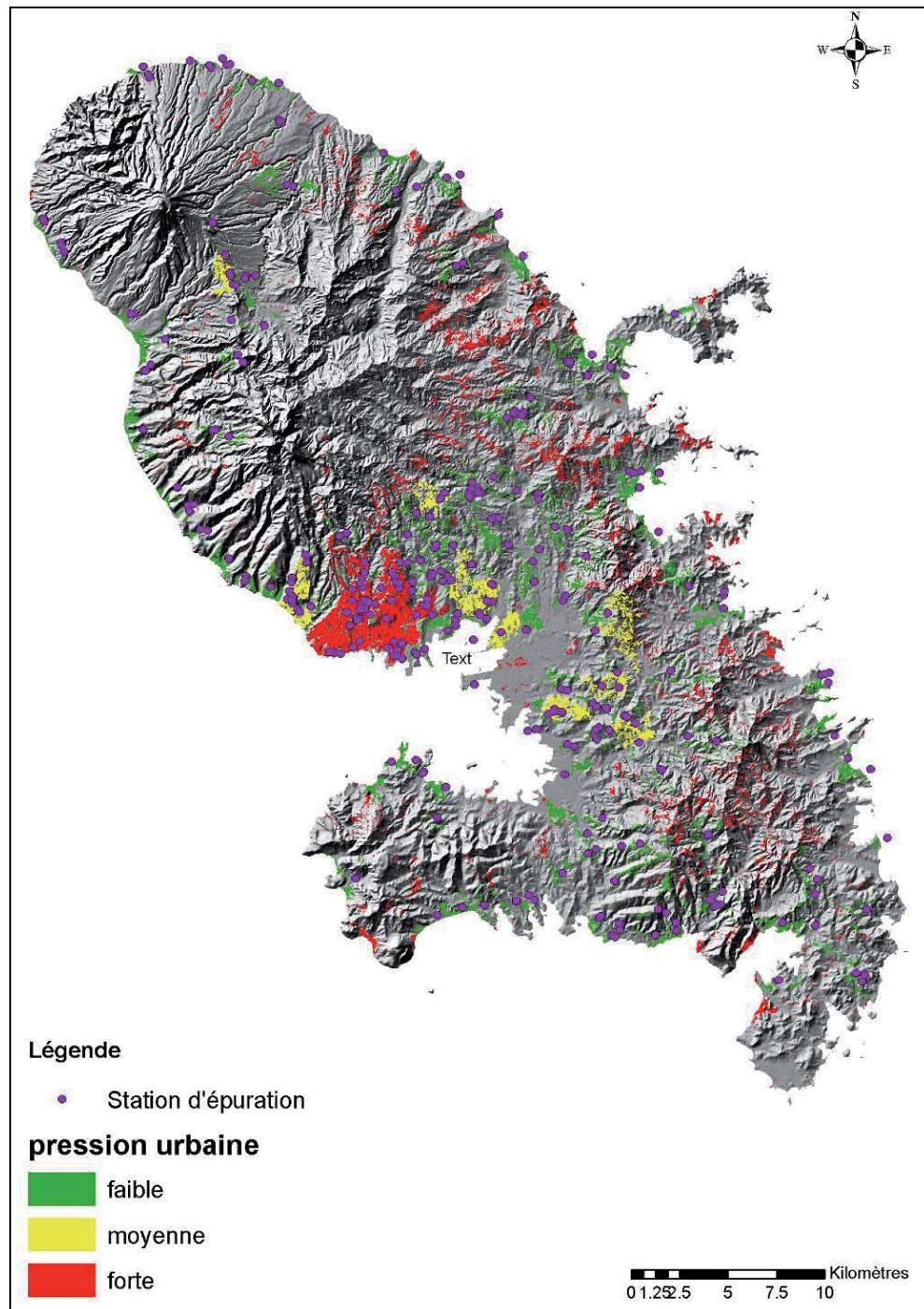


Illustration 23 : La pression urbaine

### ➤ Le réseau routier

Tout aménagement conduit à modifier l'environnement, et l'aménagement du réseau routier n'échappe pas à cette règle. Les perturbations engendrées par la construction puis l'exploitation de la route concernent les eaux tant superficielles que souterraines.

Trois formes de pollution liée à la présence d'une route sont à dénombrer :

- la pollution saisonnière : pour l'essentiel, il s'agit de l'utilisation de sels ou de produits phytosanitaires pour l'entretien des routes ;
- la pollution chronique : elle est provoquée par la circulation des véhicules qui émettent des substances gazeuses, usent la chaussée et leurs pneumatiques, perdent des particules, etc... En période sèche, les débris et particules diverses s'accumulent sur la chaussée avant d'être emportés par les eaux de ruissellement lors de pluies. Les matières en suspension, où se trouvent en partie les métaux et les hydrocarbures formeront des sédiments dans les cours d'eau ou dans les lacs s'ils ne sont pas piégés avant ;
- la pollution accidentelle : elle est consécutive à un accident de circulation au cours duquel sont déversées des matières dangereuses.

Les caractéristiques de la route, comme la sinuosité, la pente, le nombre de voies, le volume et la vitesse du trafic, sont aussi susceptibles d'avoir une influence sur la fréquence des accidents.

Dans notre méthode de calcul de la pression liée la route nous tenons compte à la fois :

- des caractéristiques physiques de la route avec sa pente et sa sinuosité ;
- et de la densité de trafic qui est approchée de manière indirecte en prenant en compte le classement et la nature de la route ;
- cette approche est aussi basée sur le fait que l'occurrence d'une pollution accidentelle est plus élevée sur le réseau routier principal que le réseau secondaire.

Pour évaluer la pression à la route, deux indicateurs ont donc été utilisés une pression « simple » calculée à partir de deux paramètres nature et classement caractérisant les routes du territoire de la Martinique et un indice de dangerosité basé sur le calcul de la pente maximum et de la sinuosité de la route. La carte de pression présentée dans l'illustration 24 est ainsi obtenue.

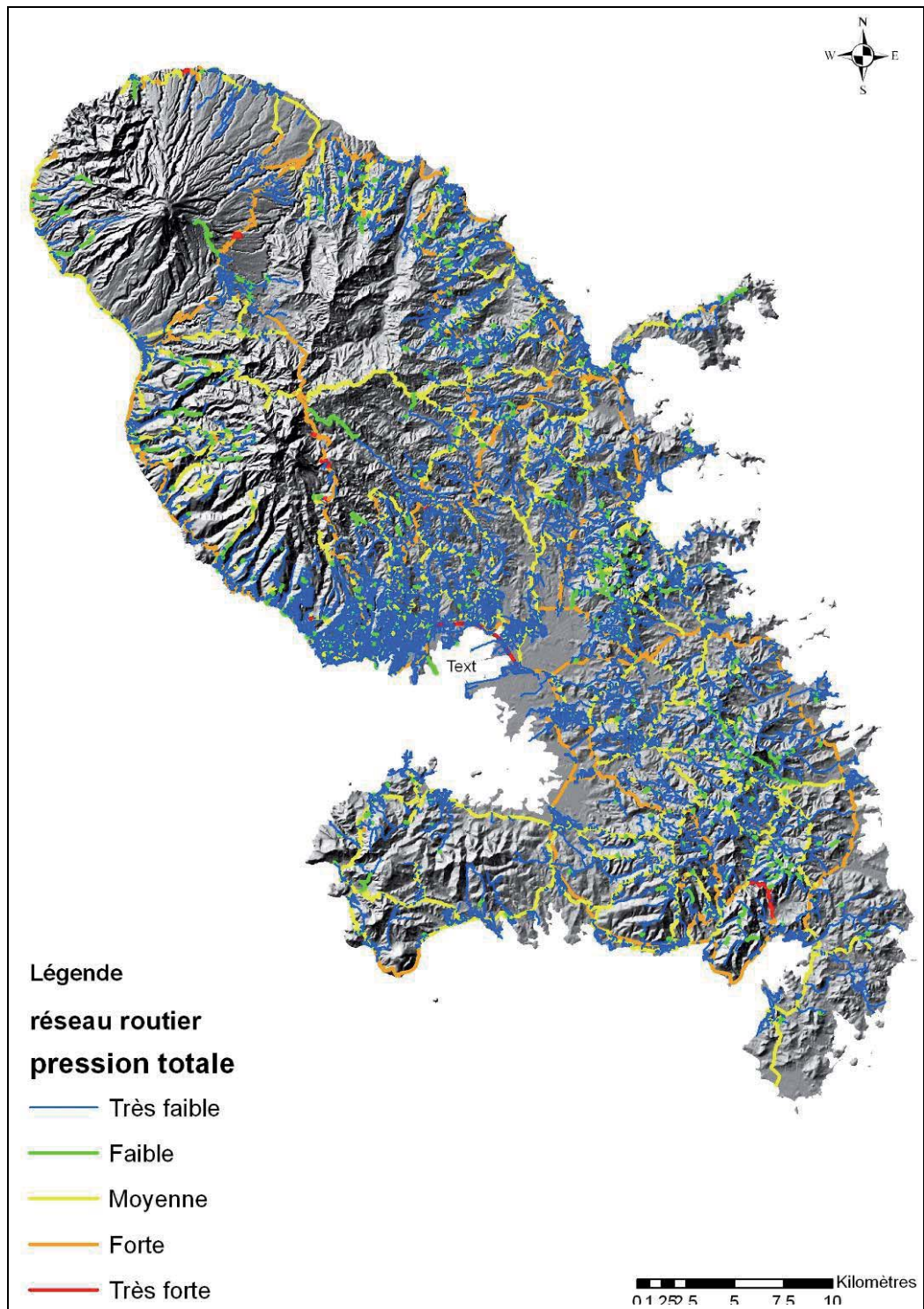


Illustration 24 : La pression liée au réseau routier

### 3.3. CARACTÉRISATION DES RISQUES ET HIÉRARCHISATION

La notion de vulnérabilité est différente de la notion de risque. Un aquifère peut être vulnérable mais en l'absence de pressions industrielles ou agricoles ne pas être atteint par une pollution. Autrement dit, la notion de vulnérabilité ne dépend que des seules conditions physiographiques et hydrogéologiques du milieu, elle n'inclut pas le degré d'exposition aux risques de pollution.

On rappelle que le risque est la probabilité qu'un effet indésirable se réalise dans des conditions d'exposition données. Ce n'est pas tant la présence de polluants (exemple : fuite d'hydrocarbures provenant de cuves) qui pose problème mais le fait que cette pollution soit mobilisable (exemple : propagation rapide du polluant vers la nappe libre non protégée) et donc qu'elle risque de porter préjudice à des enjeux (exemple : captage pour l'alimentation en eau potable).

Ainsi dans l'exemple donné ci-dessus, le risque est : l'altération du captage pour l'alimentation en eau potable voire son arrêt (eau rendue impropre à la consommation) par l'arrivée d'un polluant au sein de l'aquifère.

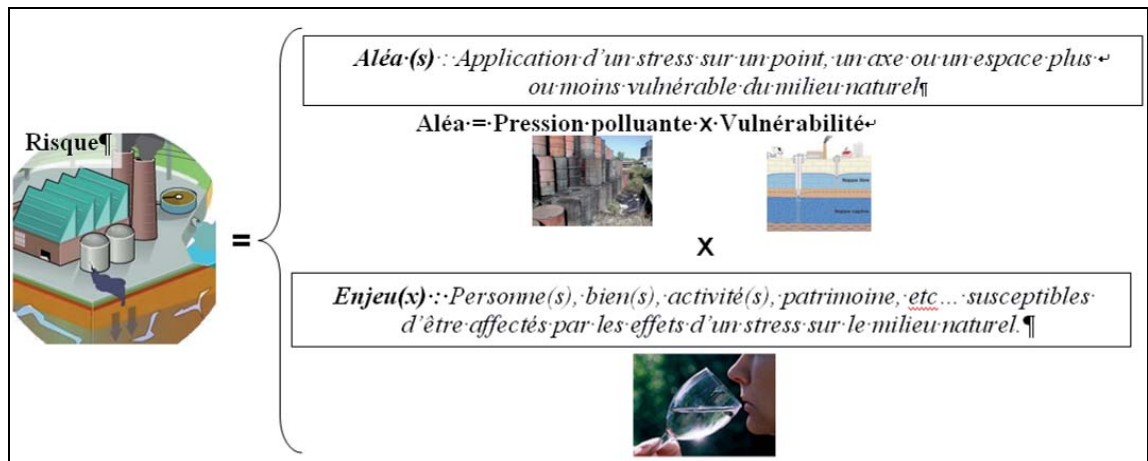


Illustration 25 : Définition du risque

**La cartographie d'un risque**, pour un polluant ou une famille de polluants, nécessite le croisement :

- d'une carte de vulnérabilité,
- d'une carte des enjeux,
- d'une carte des pressions.

**Les enjeux** représentent la cible qui ne doit pas être atteinte par les effets du stress sur le milieu naturel.

**La notion de risque est donc étroitement liée à la définition des enjeux. Dans le cadre de cette étude, l'enjeu est représenté par l'eau souterraine mobilisable via les sources.**

L'analyse cartographique sur l'ensemble du territoire de la Martinique a été réalisée à partir des données disponibles à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG) piloté sous ArcGis®.

### **3.3.1. Cartes des risques**

Les cartes de risques sont issues du croisement entre les différentes cartes de pressions et la carte simplifiée de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines de la Martinique décrites dans les paragraphes précédents.

L'ensemble des risques ont été rapportés entre 0 (pas de risque) et 100 (risque maximum).

Dans le cadre de cette étude, l'ensemble des résultats est agrégé à l'échelle de chaque BAS pour qualifier chaque source vis-à-vis des risques agricoles, chlordécone, urbain et routier.

Dans un second temps, on attribue à chaque BAS et pour chaque risque, une note comprise entre 0 et 5, déterminée de la manière suivante :

<b>Valeur du risque</b>	<b>Note</b>
0	0
>0 - 20	1
20 - 40	2
40 - 60	3
60 - 80	4
80- 100	5

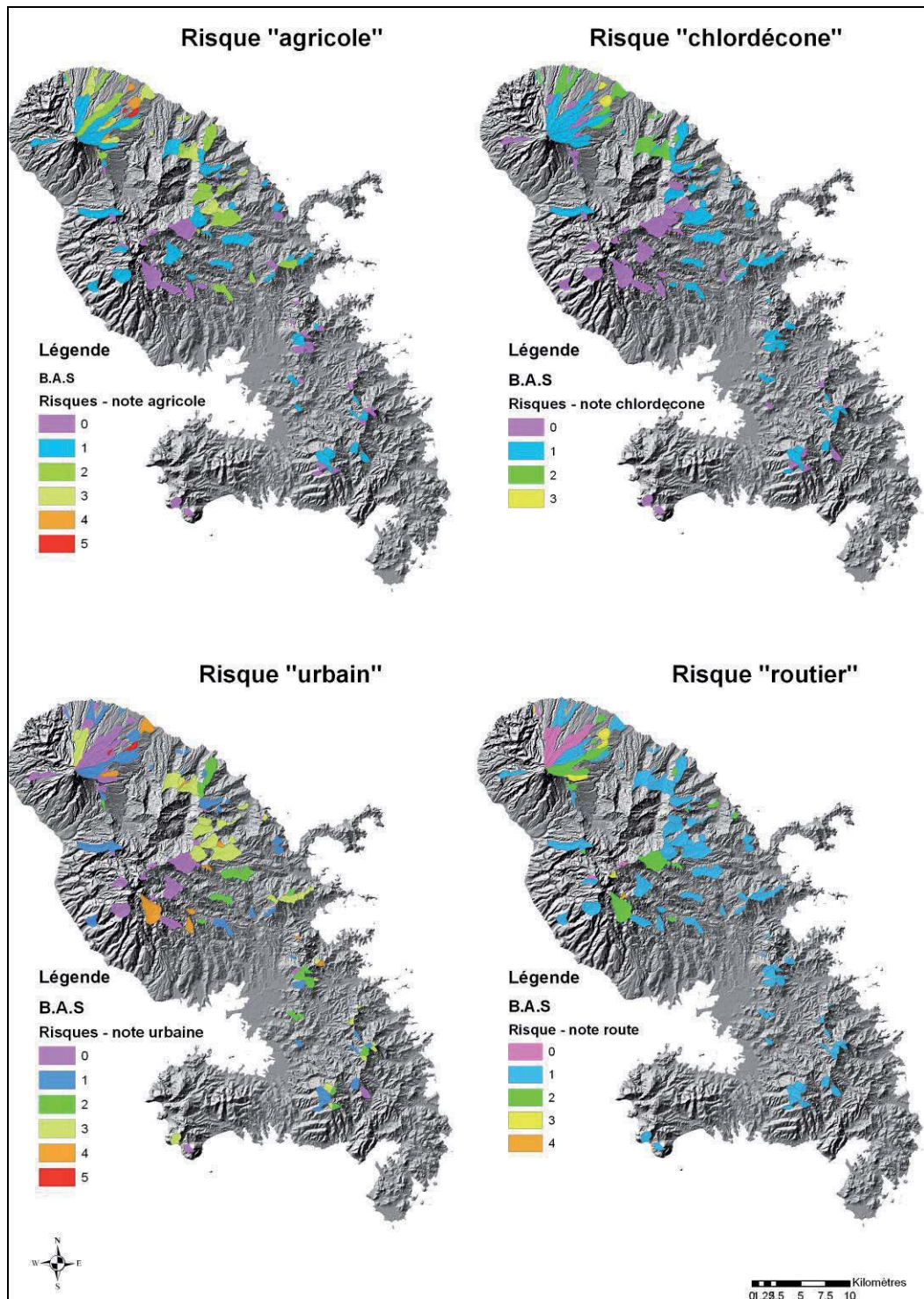


Illustration 26 : Les cartes des risques

### 3.3.2. Hiérarchisation des sources vis-à-vis des risques

Pour chaque source, les quatre risques ont été pondérés de la manière suivante :

$$[\text{Note pondérée}] = 3 \times [\text{Max (note agricole ; note chlordécone)}] + 2 \times [\text{note urbaine}] + 1 \times [\text{note route}]$$

On obtient la carte suivante où on constate que les notes les plus élevées sont localisées principalement au niveau des BAS dans le quart nord-est de l'île.

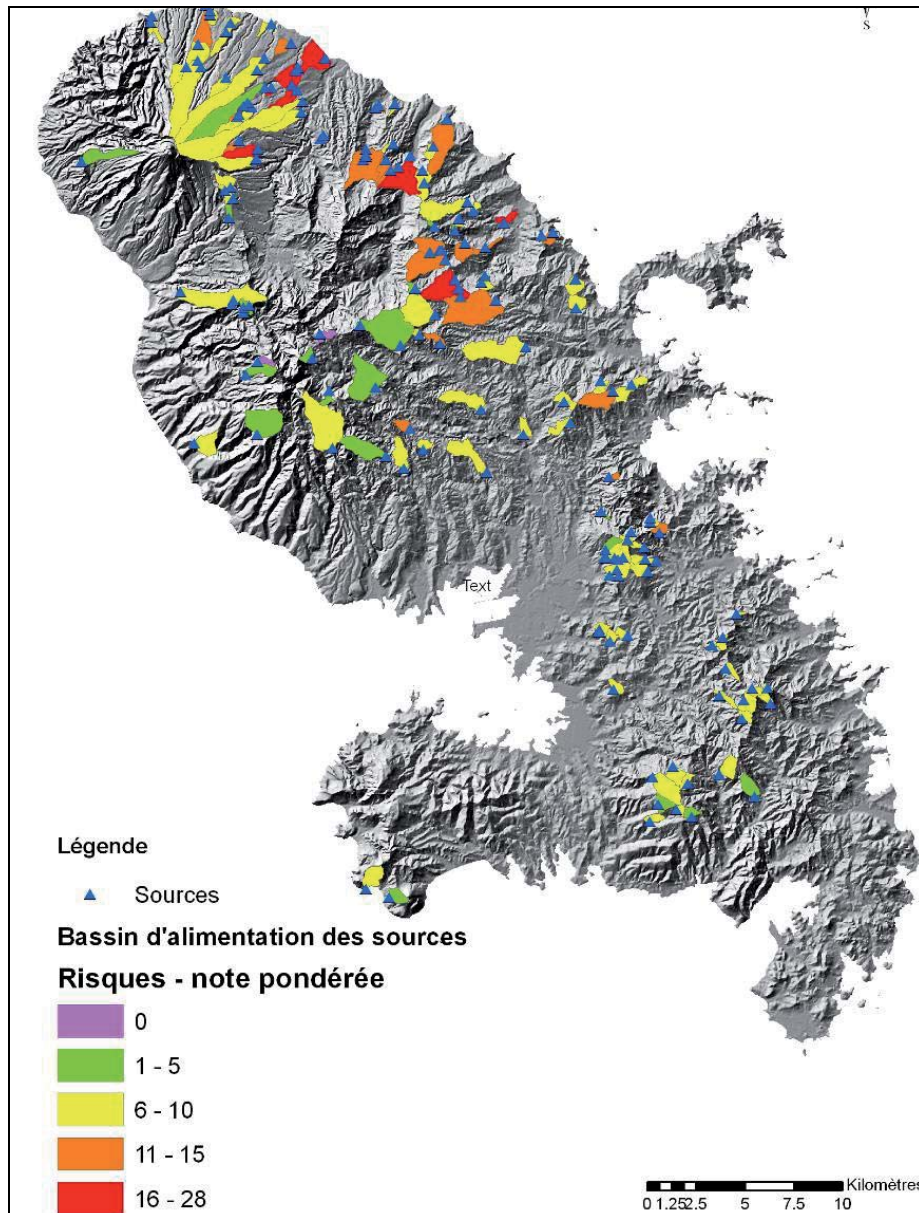


Illustration 27 : Notes attribuées aux risques par BAS



### 3.4. LIMITES DE LA MÉTHODE

Au préalable à l'élaboration de chaque carte de risque, une réflexion a été menée sur la représentativité de la donnée et la cohérence des échelles entre les données de base (sole agricole, chlordécone, bâti et réseau routier) et la carte de la vulnérabilité.

Toutes les pressions ne sont en effet pas cartographiables et chaque donnée utilisée ici a sa propre échelle et ses limites.

#### • La carte de pression agricole

Pour les pollutions diffuses, la carte des pressions agricoles est basée sur la carte de la sole agricole de 2006. Pour réaliser les croisements cartographiques, il a été nécessaire de préparer les données de la sole agricole. En effet, la carte de la sole agricole a été créée sur la base d'un recensement à l'échelle de la parcelle, tandis que la carte de vulnérabilité a été élaborée à l'échelle du 1/50 000. Les deux échelles de travail n'étant pas les mêmes, et afin de garder une cohérence et une représentativité des résultats, des regroupements de parcelles identiques ont été réalisés selon les critères suivants :

- les polygones ayant la même typologie (type de cultures) situés à une distance inférieure à 200 m les uns des autres ont été regroupés ;
- les parcelles isolées de moins d'un hectare ont été supprimées ;
- et les parcelles déclarées en bois, aquaculture, zones d'élevage, végétation arbustive et surfaces fourragères ont également été supprimées car ces zones ne sont pas susceptibles de recevoir des traitements phytosanitaires.

Un exemple de résultat de traitement est présenté sur les figures ci-dessous :

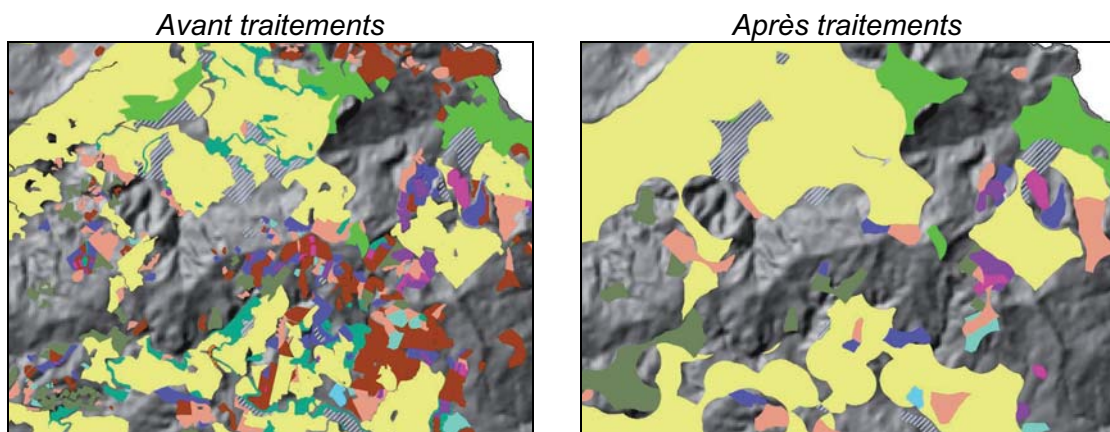


Illustration 28 : Exemple de traitement réalisé sur la sole agricole

De plus, la sole agricole de 2006 est une « photographie à un instant t » et des changements ont pu se produire depuis 2006 : une parcelle déclarée comme zones d'élevages en 2006 a pu être, depuis, transformée en cultures.

### • La carte de pression chlordécone

La cartographie des sols potentiellement pollués par le chlordécone date de septembre 2007. Elle a été produite par la DIREN Martinique avec la collaboration de la DAF/SPV.

À l'origine, une cartographie statistique du risque de pollution des sols de Martinique par le chlordécone a été réalisée en 2004 par le BRGM pour la DIREN (Desprats et al, 2004).

Entre 2005 et 2007, la DIREN et le SPV ont actualisé cette carte grâce à l'acquisition de 1030 résultats d'analyses complémentaires dans le cadre de l'application de l'arrêté préfectoral du 20 mars 2003 (analyse préventive des sols pour la culture de certaines denrées supposées à risque). Selon la cartographie des sols potentiellement pollués par le chlordécone (réalisée en septembre 2007) quatre classes ont été décrites. Ces classes ont été déterminées à partir « des proportions de résultats d'analyse supérieurs respectivement à la limite de quantification du laboratoire d'analyse et à des valeurs seuils (0.25 et 1 mg/kg) susceptibles de rendre certaines denrées d'origine végétale impropres à la consommation humaine en application de l'arrêté interministériel du 10 octobre 2005 » (source DIREN Martinique).

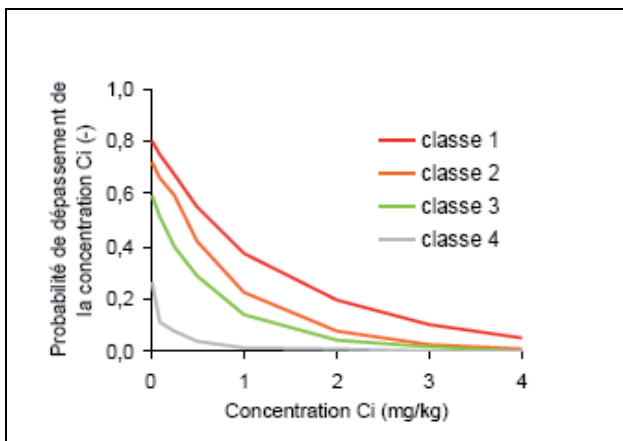


Illustration 29 : Distribution des niveaux de concentration à l'intérieur de chaque classe. (source DREAL Martinique)

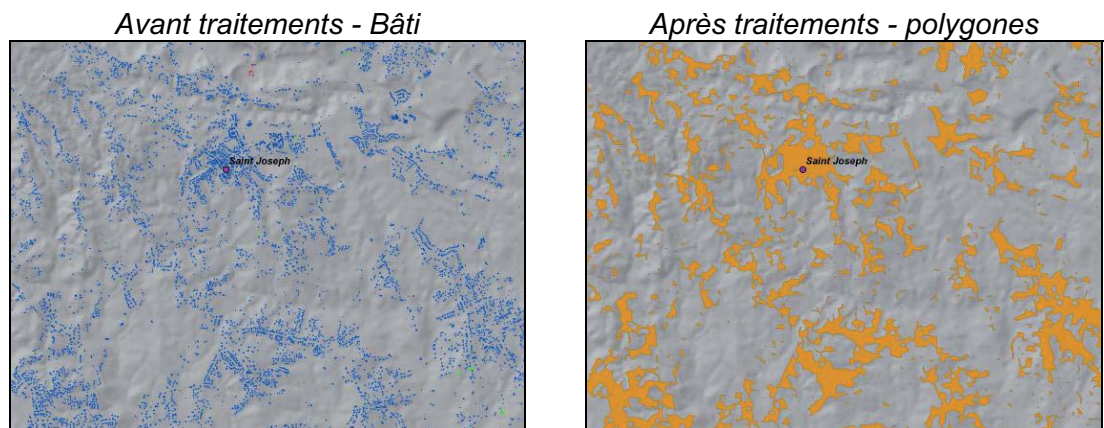
Les résultats sont présentés dans le tableau (source DIREN Martinique) suivant :

		Concentration Ci (mg/kg)			Surface concernée		Nombre d'analyses (-)
		>0,01	>0,25	>1	(ha)	(%)	
<b>classe 1</b>	<b>risque élevé</b>	80%	68%	37%	5 285	5,1%	225
<b>classe 2</b>	<b>risque moyen</b>	72%	60%	22%	4 097	4,0%	121
<b>classe 3</b>	<b>risque faible</b>	59%	40%	14%	4 116	4,0%	115
<b>classe 4</b>	<b>risque très faible</b>	26%	8%	1%	89 769	86,9%	866
<b>Totaux</b>					<b>103 267</b>	<b>100,0%</b>	<b>1 327</b>

La carte de pression chlordécone est ainsi basée sur une cartographie statistique, qui d'après une procédure d'autocontrôles (Achard et *al.*, 2003), est bien représentative de l'état des sols de Martinique.

- La carte de pression urbaine

La carte du bâti est extraite de la ©BDTOPO transmise par la Région, et se décompose en 139 500 polygones. Comme la carte de la sole agricole, il a été nécessaire de traiter les données brutes pour les utiliser avec la carte de vulnérabilité.



Un premier zonage des zones urbanisées à été réalisé en agrégeant les polygones (correspondant au bâti) situés à moins de 50 m les uns des autres.

Ces deux couches ont ensuite été intersectées afin de calculer la densité de bâtiments au sein de chaque polygone.

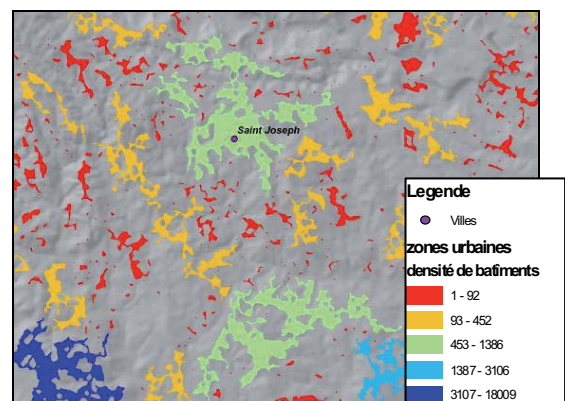


Illustration 30 : Exemple de traitement réalisé sur le bâti

Pour qualifier aussi la pression urbaine à partir de la densité du bâti, le type de raccordement a été pris en compte.

Or, **la densité de bâti n'est pas synonyme de rejets d'eaux usées mal traitées**. Ceux-ci sont difficiles à cartographier et les taux de raccordement aux stations d'épuration ne sont pas bien connus à l'échelle de la couche initiale du bâti. Ainsi il a été choisi d'estimer le type de raccordement (autonome et station d'épuration) en calculant la distance entre les zones de bâti (polygones issus du premier traitement) et les stations d'épuration, avec la typologie suivante :

- distance entre bâti et station d'épuration supérieure à 1000 m alors il s'agit de bâti avec un système d'assainissement autonome ;
- distance entre bâti et station d'épuration inférieure à 1000 m alors il s'agit de bâti raccordé à une station d'épuration.

Avec ce type d'approche, 63 % des zones de bâti sont concernées par l'assainissement autonome (or selon la DIREN Martinique, 60 % de la population est concernée par l'assainissement autonome). L'hypothèse d'une typologie de raccordement selon la distance au bâti semble donc réaliste, mais il est probable qu'à l'échelle de certains BAS les résultats donnés par cette méthode soient erronés.

● **La carte de pression routière**

La carte du réseau routier est extraite de la ©BDTOPO transmise par la Région Martinique.

● **La carte de vulnérabilité**

L'analyse de la vulnérabilité intrinsèque des premiers aquifères rencontrés a été menée sur la combinaison de trois critères : l'indice de développement et persistance des réseaux (IDPR), le type de nappe, et l'épaisseur de la zone non saturée (ZNS). Le critère le moins connu étant l'épaisseur de la zone non saturée, et les zones sans cette information étant donc nombreuses, cette cartographie pourra être mise à jour dès lors que suffisamment de nouveaux forages auront été réalisés dans les secteurs où cette information fait défaut.

## 4. Comparaison des risques estimés avec les analyses réalisées

Afin de valider la méthodologie employée et d'évaluer sa pertinence, en vue de l'extrapoler aux sources ne disposant pas encore d'analyses, les risques estimés (basés sur les pressions et la vulnérabilité) pour chaque source dans le chapitre précédent ont été comparés aux résultats des analyses réalisées entre 2004 et 2010 par l'ARS. Cette comparaison a ainsi été réalisée sur 127 des 160 sources étudiées.

### 4.1. NITRATES

Les concentrations en nitrates ont été analysées sur 121 sources. Ces sources ont été considérées comme contaminées par les nitrates si leur teneur en nitrates maximale est supérieure ou égale à 15 mg/L.

Tableau 8 : Résultats des deux approches, pour les nitrates

Risques ?		Contaminée?		
NON	69	NON	68	56%
		OUI	1	1%
OUI	52	NON	32	26%
		OUI	20	17%

57% de ces sources sont situées dans des zones ne présentant pas de risque de pollution par les nitrates. Parmi celles-ci 99% ne présentent pas de pollution en nitrates. Seule une source (Source Villageois à Ducos) est contaminée en nitrates alors qu'elle est située dans une zone ne présentant pas de risque de pollution par les nitrates. Une visite sur le terrain de cette source devrait permettre de mettre en évidence des pratiques culturales non répertoriées. Le cas échéant, il faudrait envisager que, pour cette source, le BAS délimité de façon automatique ne coïncide pas avec le BAS réel de la source.

La méthode d'évaluation des risques apparaît donc très pertinente : les sources situées dans les zones définies comme ne présentant pas de risque de pollution par les nitrates ne sont pas contaminées par les nitrates.

43% des sources pour lesquelles les concentrations en nitrates ont été mesurées sont situées dans des zones considérées comme à risque. Parmi celles-ci, la contamination des sources est confirmée par les analyses pour 38% d'entre elles.

Ainsi, pour 73% des 121 sources analysées les résultats d'analyses concordent avec la méthode d'évaluation des risques.

Par contre, pour les 32 sources restantes (62% des sources situées dans des zones à risques) les concentrations en nitrates sont inférieures à 15 mg/l alors qu'elles sont

situées dans une zone à risque. Quatre hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer les résultats ainsi observés :

- ✓ dans les BAS concernés, l'apport et les usages de nitrates sont faibles (mais non nuls) et la part de nitrates s'infiltrant vers le milieu est ainsi limitée ;
- ✓ les vitesses de transfert ne sont pas prises en compte dans la présente étude, il est ainsi possible que la pollution ne soit pas encore visible à la source et le sera dans quelques années ;
- ✓ par ailleurs, la délimitation de ces BAS pourrait également être à préciser sur le terrain, avec potentiellement une différence entre le bassin versant topographique et le BAS ;
- ✓ enfin, des phénomènes de dénitrification peuvent se produire si les nappes associées aux sources concernées sont réductrices (faible concentration en O<sub>2</sub>). Des mesures d'oxygène dissous in-situ devraient permettre d'identifier les sources issues de milieu réducteur. C'est le cas, par exemple, de la source Morne Figue à Trinité (appartenant au réseau de surveillance des eaux souterraines) : les analyses montrent une eau appauvrie en oxygène.

Des mesures complémentaires pourraient donc être envisagées pour ces sources (CFC et SF<sub>6</sub>, teneurs en oxygène dissous, Fer, Manganèse...), afin d'identifier plus précisément les phénomènes mis en œuvre.

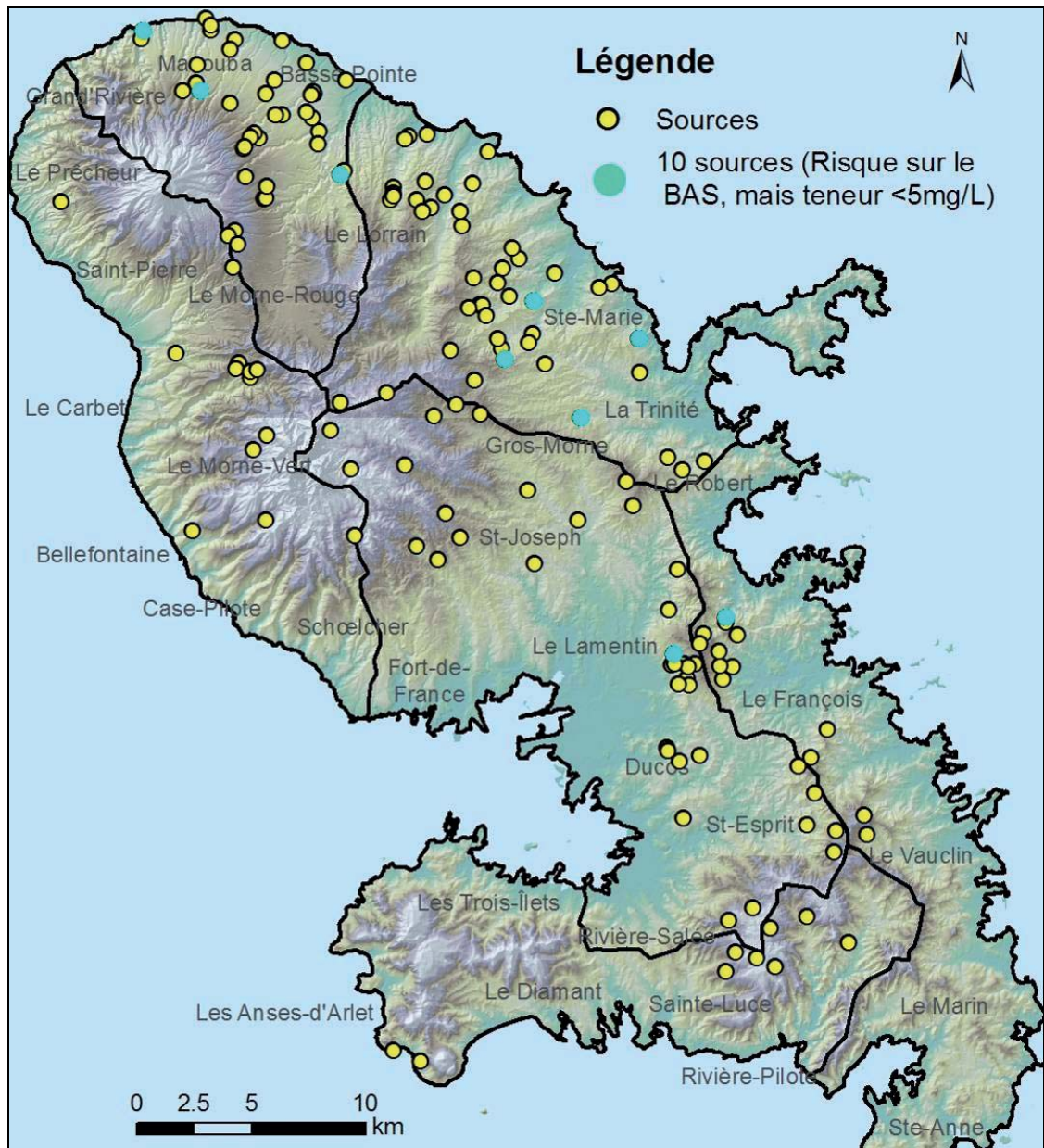


Illustration 31 : Localisation des sources non contaminées en nitrates, mais pour lesquelles le BAS présente un risque agricole.

## 4.2. PRODUITS PHYTOSANITAIRES

Les concentrations en produits phytosanitaires ont été mesurées sur 77 sources. Ces sources ont été considérées comme contaminées si la concentration d'au moins une molécule est supérieure à la limite de potabilité. Elles ont également été classées en fonction du risque dans leur BAS (cf. Tableau 9).

Tableau 9 : Résultats des deux approches, pour les produits phytosanitaires

Risques ?	Contaminée?			
NON	31	NON	23	30%
		OUI	8	10%
OUI	46	NON	19	25%
		OUI	27	35%

40% de ces sources (31) sont situées dans des zones ne présentant pas de risque de pollution par les produits phytosanitaires. Parmi celles-ci, 74% ne présentent pas de contamination. Des produits phytosanitaires ont néanmoins été détectés sur les 8 autres sources (26%). Pour cinq de ces sources, seule le chlordécone a été détectée ; il est ainsi probable que cette pollution soit ancienne et n'ait pas été cartographiée. Pour les 3 sources restantes, il est possible que les produits utilisés ne le soient pas dans un cadre agricole (usage domestique) et ainsi non cartographié par les différentes approches (cf. Illustration 32). Des investigations sur le terrain pourraient donc être envisagées pour ces sources. Le cas échéant il pourrait être envisagé d'étudier plus en détail la délimitation du BAS, qui peut localement être différente du bassin versant topographique (cf. hypothèse chapitre 2.2.2).

60% des sources analysées sont quand à elles situées dans des zones présentant des risques de pollution par les produits phytosanitaires. Parmi celles-ci, la contamination des sources est confirmée pour 59% d'entre elles. Par contre, 19 sources (41% des sources situées dans des zones à risques) ne sont pas contaminées alors qu'elles sont situées dans des zones à risques. Trois hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer ces observations :

- ✓ dans les BAS concernés l'apport et les usages de produits phytosanitaires sont plus faibles que dans les autres BAS, et la quantité de produits infiltrés est ainsi limitée et inférieure aux seuils de quantification des laboratoires (Pour 9 sources la présence de produits phytosanitaires a été détectée),
- ✓ les vitesses de transfert ne sont pas prises en compte dans la présente étude, il est ainsi possible que la pollution ne soit pas encore visible à la source et le sera dans quelques années,
- ✓ enfin, la délimitation de ces BAS pourrait être à préciser sur le terrain, avec potentiellement une différence entre le bassin versant topographique et le BAS.



La méthode d'évaluation des risques apparaît donc comme globalement pertinente : à quelques exceptions près qu'il s'agira d'étudier plus en détail via des mesures complémentaires, la majorité des sources (65%) situées dans les zones définies comme ne présentant pas de risque de pollution par les produits phytosanitaires ne sont pas contaminées.

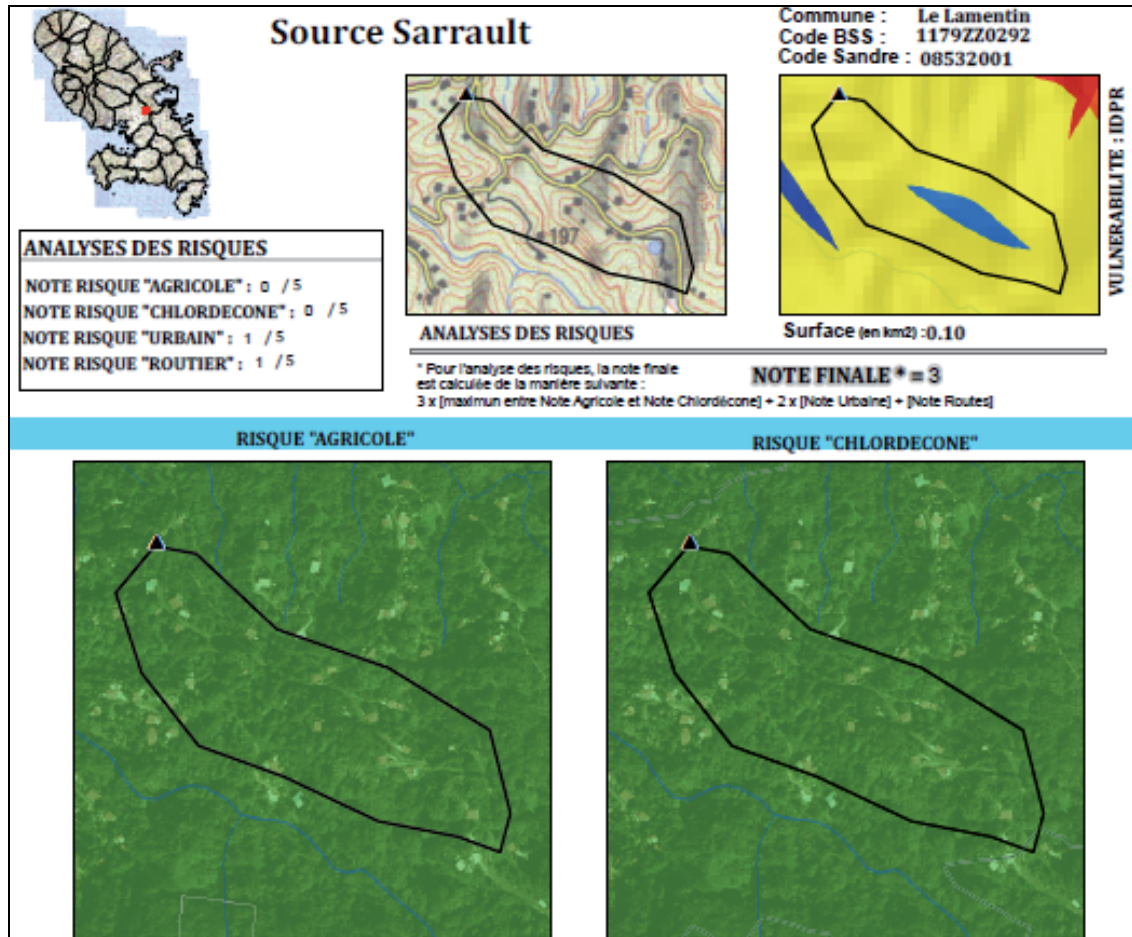


Illustration 32 : Exemple d'analyse de risque pour la source Sarrault

### 4.3. BACTÉRIOLOGIE

La source est déclarée contaminée pour la bactériologie, si les paramètres Eschérichia Coli ou Entérocoques ont été détectés au moins une fois.

Des analyses bactériologiques ont été réalisées sur 127 sources. Ces sources ont été considérées comme contaminées si Eschérichia Coli ou Entérocoques ont été détectés au moins une fois. Sur 127 sources, 108 sont ainsi considérées comme contaminées.

Tableau 10 : Résultats des deux approches, pour la bactériologie

Risques ?		Contaminée?		
NON	50	NON	15	12%
		OUI	35	28%
OUI	77	NON	4	3%
		OUI	73	57%

61% de ces sources sont situées dans des zones présentant un risque de pollution bactériologique. Parmi celles-ci la contamination est confirmée par les analyses pour 95% d'entre elles. Pour les 4 sources restantes le BAS est soumis à des pressions urbaines (sources proches d'une ou plusieurs habitations), mais la source n'est pas contaminée. Avant de formuler des hypothèses (présence d'un système d'assainissement efficace ?) il serait préférable de réaliser des analyses complémentaires sur ces sources, car pour l'instant pour 2 d'entre elles, seule une analyse a été réalisée..

39% des sources pour lesquelles au moins une analyse bactériologique a été réalisée sont situées dans des zones ne présentant pas de risque de pollution bactériologique. Parmi celles-ci seules 30% ne présentent pas de pollution. Pour les autres (70% - 35 sources) l'origine de la contamination microbiologique n'est pas déductible de la pression urbaine exercée sur le BAS. La cause de la contamination peut en effet être liée à des déjections animales (cochons, animaux sauvages, etc.) ou à l'épandage de lisier, de purin, à un assainissement mal maîtrisé, à des réservoirs mal entretenus avec de l'eau stagnante ou encore aux décharges sauvages... Ces sources de pollution ne sont pas cartographiées et seule une visite de terrain permettrait peut-être d'identifier l'origine de ces contaminations.

La méthode de risques basée sur une analyse SIG atteint ici ses limites : les critères pris en compte sont ainsi justifiés et nécessaires, et permettent de déceler une origine majoritaire de la pollution bactériologique (95% des sources situées en zone à risque sont effectivement polluée) mais ne sont pas suffisant, d'autres critères difficilement cartographiables sont ainsi également à prendre en compte. La méthode utilisée présente néanmoins des résultats cohérents pour 69 % des sources.

#### **4.4. RISQUES ROUTIERS**

Le risque routier ne peut être directement confronté aux résultats d'analyses car les familles de polluants d'origine routière (éléments traces métalliques, HAP...) n'ont pas encore fait l'objet de programme de mesures.

Néanmoins, seuls quelques bassins d'alimentation des sources sont traversés par une route à forte circulation, des analyses ciblées d'abord sur ces sources pourraient ainsi être envisagées.



## 5. Conclusion

Les résultats d'analyses sont cohérents avec la méthode d'évaluation des risques pour environ 70% des sources. Les cas d'incohérence peuvent se scinder en deux : les sources pour lesquelles le risque est présent, mais la contamination n'est pas avérée et les sources contaminées d'après les résultats d'analyses, pour lesquelles le risque théorique est faible. Plusieurs cas se sont ainsi présentés :

- Risques OUI Contamination NON (40 sources sur 127, dont 4 pour la bactériologie, cf. Tableau 11) :

- le BAS présente un risque de pollution et le polluant a bien été détecté, mais à des teneurs inférieures au seuil de potabilité. Cela représente plus de la moitié des cas (22 sources sur 32 pour les nitrates et 9 sources sur 19 pour les produits phytosanitaire)
- Le bilan permettant d'établir que la source n'est pas contaminée est basé sur une seule analyse (10 sources sur les 10 restantes pour les produits phytosanitaires et 5 sources sur les 10 restantes pour les nitrates).
- Pour la bactériologie, le risque théorique est basé sur le bâti, or il est très probable que ce ne soit pas la seule source de contamination microbiologique.

- Contamination OUI Risques NON (43 sources, dont 35 à cause de la bactériologie, cf. Tableau 12) :

- Pour les produits phytosanitaires, les pollutions anciennes et les usages non agricoles des molécules (exemple de l'AMPA) peuvent échapper à la cartographie du risque.
- Pour la bactériologie, certaines origines de la contamination sont non cartographiables, comme par exemple les déjections animales à proximité de la source.

Ainsi la méthode utilisée pour évaluer le risque théorique exercé sur le BAS, permet dans la grande majorité des cas (65 à 73%) de « détecter » les contaminations.

Autrement, s'il y a un risque théorique de pollutions diffuses ou bactériologique, la contamination est bien avérée (à l'exception de 22 sources sur les 127, soit 17%).

À l'inverse, si le risque théorique est faible voire nul pour les pollutions diffuses, on ne retrouve pas de produits phytosanitaires ou de nitrates dans les analyses, à l'exception de neuf sources (7%).

La méthode d'évaluation des risques de contamination microbiologique est moins fiable. Elle n'est en effet basée que sur des données d'occupation du sol (densité et position du bâti à l'amont de la source). Pour l'améliorer, il faudrait être en mesure d'évaluer la vulnérabilité de la source vis-à-vis des déjections animales. Ainsi, pour certaines sources, le risque est a priori faible, alors les analyses montrent une forte contamination bactériologique.

En définitive, pour les paramètres « à risque » que ce sont les nitrates et les pesticides, la méthode des risques théoriques permet de cibler et d'adapter les campagnes de mesures et de protection des sources. Pour le risque microbiologique, la méthode donne une indication utile qui demande à être complétée par des visites de terrain.

### **Recommandations pour les campagnes de mesures**

Afin d'adapter la fréquence à la nature du paramètre à doser, il est proposé de distinguer deux niveaux d'analyse correspondant à des fréquences de mesure et à des groupes de paramètres différents :

- une analyse de **type « photographique »** réalisée tous les **5 à 10 ans** : elle s'applique à une liste complète de paramètres et permet de disposer régulièrement d'un bilan complet de la qualité de la source. La liste des paramètres retenus pour cette analyse pourra être inspirée de celle utilisée pour le réseau de contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique (Vittecoq, 2006, p. 41)
- **des analyses deux fois par an** (1 prélèvement en période de hautes eaux et 1 en période de basses eaux) **des principaux paramètres, à adapter selon la source** et le type de pressions auxquelles est soumis son BAS.

Ces fréquences de mesures sont données à titre de valeurs minimales. Dans la perspective de mieux caractériser la tendance d'évolution d'un polluant, il s'agira d'**augmenter la fréquence de prélèvement** pour certains points. Pour les pollutions diffuses en particulier (nitrates et pesticides), les variations saisonnières sont telles que 2 prélèvements par an ne suffisent pas à apprécier leur tendance d'évolution.

Des analyses spécifiques sont également à prévoir sur certaines sources : des mesures complémentaires (CFC et SF<sub>6</sub>, teneurs en oxygène dissous, Fer, Manganèse...), sont en effet préconisées pour les 32 sources situées dans des zones à risque et ayant des concentrations en nitrates inférieures à 15 mg/l. De même, pour les sources dont le BAS est traversé par une route à forte circulation, des analyses de polluants d'origine routière (éléments traces métalliques, HAP...) pourraient être envisagées.

Les fiches détaillées par source peuvent permettre de cibler les campagnes de mesures et de donner la priorité aux sources situées dans les zones les plus à risque.

Tableau 11 : Liste des sources, pour lesquelles le risque théorique n'est pas confirmé par les analyses ; seules 22 sources (surlignées en orange) sur les 40 sont en effet peu ou pas contaminée

	Nitrates		Produits Phyto		Bactéριο		Remarques Phyto	Remarques Nitrates
	Risque ?	Conta ?	Risque ?	Conta ?	Risque ?	Conta ?		
Source Lan Maison	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI		> 5mg/L (Max=5.99mg/L)
Source Eau Bouillie	OUI	NON	OUI	OUI	NON	OUI		> 5mg/L (Max=6mg/L)
Source Augustin	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI		> 5mg/L (Max=6.07mg/L)
Source Saint Laurent	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI		> 5mg/L (Max=7.43mg/L)
Source Fond Verville	OUI	NON	OUI	OUI	NON	OUI		> 5mg/L (Max=8.63mg/L)
Source Saint Etienne	OUI	NON	OUI	OUI	NON	OUI		> 5mg/L (Max=10.4mg/L)
Source Morne Etoile	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI		> 5mg/L (Max=13.4mg/L)
Source Cousin	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI		> 5mg/L (Max=14.1mg/L)
Source Ananas	NON	NON	OUI	NON	OUI	OUI	Détection d'au - 1 phyto	
Source Marc Cécile	OUI	OUI	OUI	NON	NON	OUI	Détection d'au - 1 phyto	
Source Frédée	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI	Détection d'au - 1 phyto	> 5mg/L (Max=5.3mg/L)
Source Dumanoir	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	Détection d'au - 1 phyto	
Source Firmin	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI	Détection d'au - 1 phyto	> 5mg/L (Max=11.1mg/L)
Source Caraïbe	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	Détection d'au - 1 phyto	
Source Trianon	OUI	NON	OUI		NON	OUI		> 5mg/L (Max=5.33mg/L)
Source Capitaine	OUI	NON	OUI		OUI	OUI		> 5mg/L (Max=6.57mg/L)
Source Bellevue 2	OUI	NON	OUI		NON	OUI		> 5mg/L (Max=9.47mg/L)
Source Linval	OUI	NON	OUI		OUI	OUI		> 5mg/L (Max=13.7mg/L)
Source Saint James	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	NON		> 5mg/L (Max=6.39mg/L)
Source Grosse Gouttière	NON	NON	NON	NON	OUI	NON		
Source de Lourdes	NON	NON	NON		OUI	NON		
Source Cimetière	OUI	NON	OUI		NON	NON		<5mg/L (Max=4.18mg/L) et 2 analyses
Source Matrol	OUI	OUI	OUI		OUI	NON		
Source Delyon	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI		<5mg/L (Max=0.56mg/L) et 2 analyses
Source Morne Figue	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI		<5mg/L (Max=2.33mg/L) et 1 seule analyse
Source Dardanus	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	1 seule analyse phyto	
Source Close	OUI	NON	OUI	NON	NON	OUI	Détection d'au - 1 phyto	<5mg/L (Max=0mg/L) et 1 seule analyse
Source Diony	OUI	NON	OUI	NON	NON	OUI	1 seule analyse phyto	<5mg/L (Max=0.4mg/L) et 1 seule analyse
Source Bassignac	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI	1 seule analyse phyto	<5mg/L (Max=1.97mg/L) et 2 analyses
Source Beauséjour	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI	Détection d'au - 1 phyto	<5mg/L (Max=3.32mg/L) et 1 seule analyse
Source Tigon	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI	Détection d'au - 1 phyto	<5mg/L (Max=4.21mg/L) et 2 analyses
Source Moreau-Catin	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI	1 seule analyse phyto	> 5mg/L (Max=6.26mg/L)
Source Bellefond	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI	1 seule analyse phyto	> 5mg/L (Max=7.1mg/L)
Source Bodard	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI	1 seule analyse phyto	> 5mg/L (Max=8.64mg/L)
Source Annonay	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI	1 seule analyse phyto	> 5mg/L (Max=9.12mg/L)
Source Fourniols	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI	1 seule analyse phyto	> 5mg/L (Max=9.36mg/L)
Source Petit Préville	OUI	NON	OUI	NON	NON	OUI	1 seule analyse phyto	> 5mg/L (Max=10.4mg/L)
Source Pamphile	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI	1 seule analyse phyto	> 5mg/L (Max=11.9mg/L)
Source Bellevue	OUI	NON	OUI		NON	OUI		<5mg/L (Max=0mg/L) et 1 seule analyse
Source Sorrente	OUI	NON	OUI		OUI	OUI		<5mg/L (Max=4.01mg/L) et 2 analyses

Tableau 12 : Liste des sources, pour lesquelles les analyses montrent une contamination et une absence de risque théorique.

Nom source	Nitrates		Produits Phyto		Bactéri		Commentaires
	Risque ?	Conta ?	Risque ?	Conta ?	Risque ?	Conta ?	
Source Villageois	NON	OUI	NON		OUI	OUI	
Source Desroses	NON	NON	NON	OUI	OUI	OUI	Seul le chlordécone >0.1µg/L
Source Sarraut	NON	NON	NON	OUI	OUI	OUI	Seul le chlordécone >0.1µg/L
Source Carabin	NON	NON	NON	OUI	OUI	OUI	Chlordécone et glyphosate
Source la Digue	NON	NON	NON	OUI	OUI	OUI	Seul le chlordécone >0.1µg/L
Source Papin	NON	NON	NON	OUI	OUI	OUI	Seul le chlordécone >0.1µg/L
Source Casérus	NON	NON	NON	OUI	OUI	OUI	AMPA (Origine non agricole?)
Source Rue Mulâtre	NON	NON	NON	OUI	OUI	OUI	Chlordécone, AMPA et Lindane
Source de l'ilet	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	
Source Kay Lélène	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	
Source Grande Rivière	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	
Source Saint Etienne	OUI	NON	OUI	OUI	NON	OUI	
Source Marc Cécile	OUI	OUI	OUI	NON	NON	OUI	
Source Trianon	OUI	NON	OUI		NON	OUI	
Source Bellevue 2	OUI	NON	OUI		NON	OUI	
Source Close	OUI	NON	OUI	NON	NON	OUI	
Source Tripeau	OUI	OUI	OUI		NON	OUI	
Source de Fond Brûlé	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	
Source Diony	OUI	NON	OUI	NON	NON	OUI	
Source Habitation Fond Brûlé	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	
Source Eau Bouillie	OUI	NON	OUI	OUI	NON	OUI	
Source Petit Préville	OUI	NON	OUI	NON	NON	OUI	
Source Bellevue	OUI	NON	OUI		NON	OUI	
Source Case Paul	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	
Source Nord Plage	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	
Source Dupotiche	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	
Source Fondgilles	OUI		OUI		NON	OUI	
Source Fond Verville	OUI	NON	OUI	OUI	NON	OUI	
Source Marie Déau	NON	NON	OUI	OUI	NON	OUI	
Source Abondance	NON	NON	OUI	OUI	NON	OUI	
Source Roumeau	NON	NON	NON		NON	OUI	
Source Grand Fond	NON	NON	NON		NON	OUI	
Source de Deux Choux Bambou	NON	NON	NON		NON	OUI	
Source Agathe	NON	NON	NON		NON	OUI	
Source Duchesneteau	NON	NON	NON		NON	OUI	
Source de Deux Choux Cimentée	NON	NON	NON		NON	OUI	
Source Caplet	NON	NON	NON		NON	OUI	
Source Larcher	NON	NON	NON		NON	OUI	
Source Anse Azérot	NON	NON	NON	OUI	NON	OUI	Seul le chlordécone >0.1µg/L
Source Félix 1	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	
Source Reculée	NON	NON	NON		NON	OUI	
Source Six	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	
Source Rivière Monsieur	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	



## 6. Réalisation de fiches détaillées

Pour chaque source, une fiche détaillée a été réalisée. Elle permet de voir, au recto, les différents résultats à l'échelle du bassin d'alimentation de la source :

- la vulnérabilité des eaux souterraines ;
- le risque agricole ;
- le risque spécifique lié au chlordécone ;
- le risque urbain ;
- le risque routier ;
- la notation des risques théoriques ;
- et le tableau des conclusions.

Au verso de la fiche, sont présentés les résultats d'analyse, quand ils existent. Pour chaque paramètre, sont mentionnées la valeur moyenne, la valeur maximale, le nombre d'analyses, la première et la dernière date d'analyse.

160 fiches ont été éditées, elles sont jointes en annexe de ce rapport.

Ces fiches sont destinées à être un outil de gestion. Elles permettent de visualiser les résultats de l'approche Risques théoriques (Pressions croisées avec Vulnérabilité) et les résultats des analyses, et ainsi permettent de cibler le programme de mesures à mettre en place. Mais ces fiches ne peuvent en aucun cas se substituer à une étude de terrain plus détaillée.

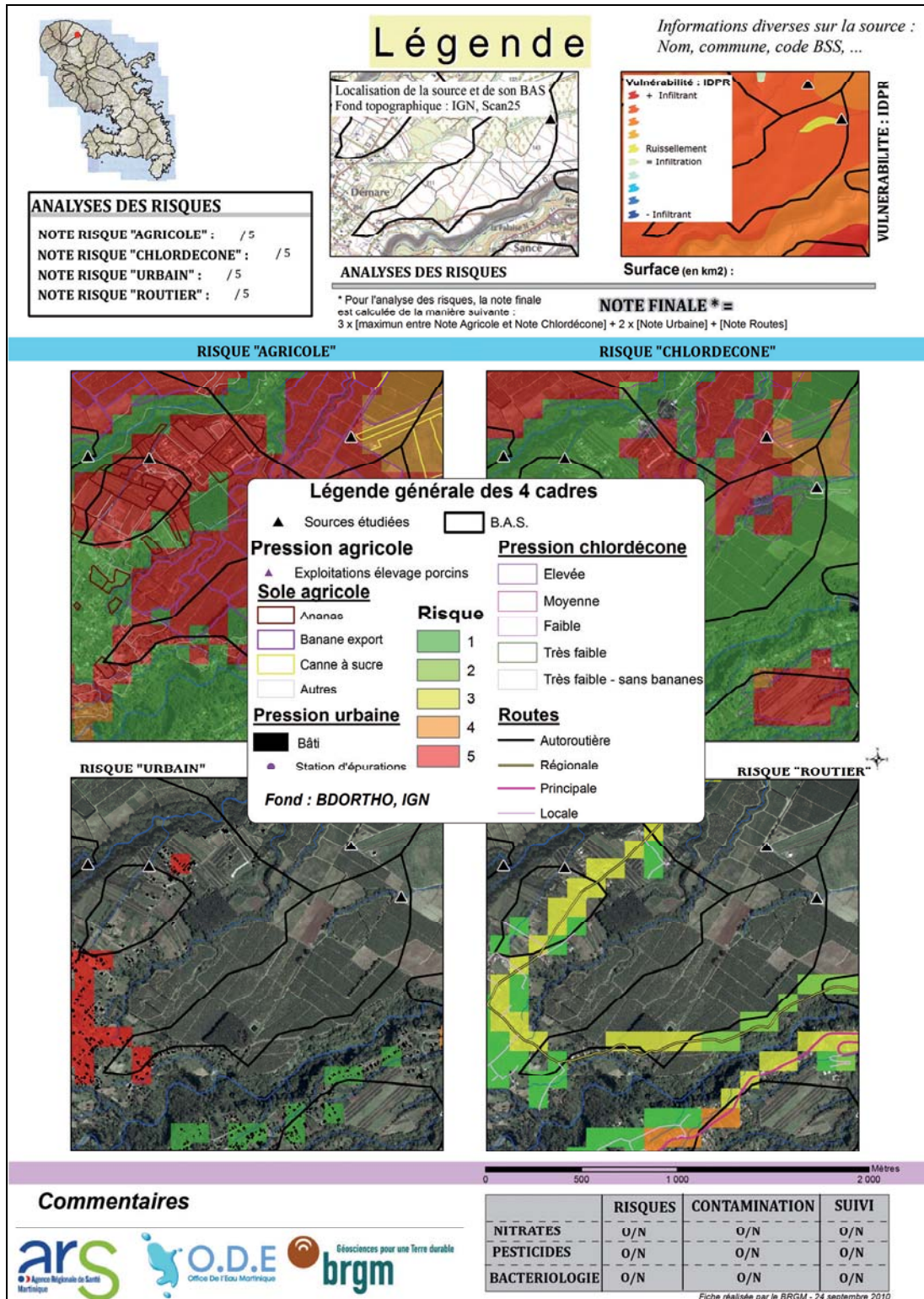


Illustration 33 : Légende du recto de la fiche

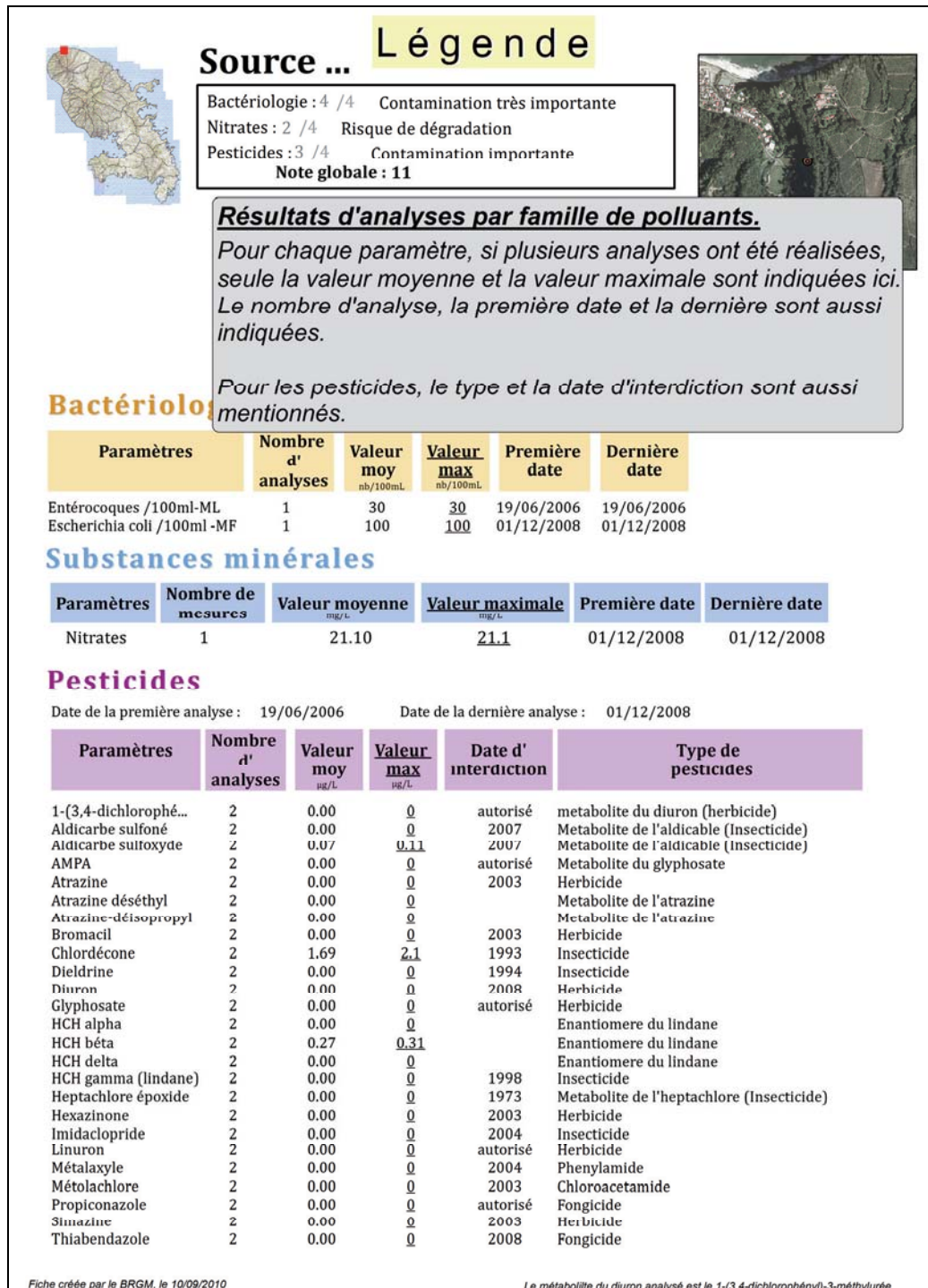


Illustration 34 : Légende du verso de la fiche



## 7. Bibliographie

Achard R., Perrier X., Chabrier Ch. et Lassoudière A. (2003) – Cartographie du risque de pollution des sols de Martinique par les organochlorés. Rapport de Phase 1. BRGM RP-52464-FR

Allier D., Vittecoq B. et Mardhel V. (2008) Evaluation de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines de Martinique. BRGM/RP-56283-FR.

Arnaud L. et Wiart N. (2010) – Contrôle de surveillance et contrôle opérationnel de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique – saison des pluies 2009. Evaluation préliminaire de l'état des masses d'eau souterraine. Rapport BRGM/RP-58761-FR, 57 p., 27 ill., 5 ann

Baran N. et Barras A.V. (2008) Processus de transfert des produits phytosanitaires du sol vers les eaux souterraines en Martinique. Phase 2 : études de processus de sorption et de dégradation dans les sols et phase 3 : préconisations de suivi dans les eaux souterraines – Rapport BRGMRP56658-FR, 89 p, 32 illustrations, 8 tableaux, 2 annexes

Brugeron A., Malard A., Mouglin B. et Willeumier A. (2009) – Etude des bassins d'alimentation des 4 captages du bassin versant du Mro Oua Kwalé – Mayotte. Rapport final. BRGM/RP-57621-FR.

Desprats J.F., Comte J.P. et Chabrier Ch. (2004) - Cartographie du risque de pollution des sols de Martinique par les organochlorés. Rapport Phase 3. BRGM RP 53262 FR, 23 p. 10 ill., 6 cartes.

Dictionnaire de géologie, 5<sup>ème</sup> édition. Alain Foucault et Jean François Raoult. Dunod, 2001.

Dictionnaire français d'hydrogéologie, G. Castany et J. Margat. Editions du BRGM, 1977.

GUIDE PRATIQUE – Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré (2002). L'environnement pratique. Version provisoire du 28 mars 2002. 81p.

Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines (2004). L'environnement pratique. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP). Berne, 141p.

Malard A., Aunay B., Vernoux J.F. et Mardhel V. (2009) – Définition d'une méthodologie commune aux études des bassins d'alimentation de captages à Mayotte. Principes de délimitation des bassins et de caractérisation de la vulnérabilité des captages. Rapport final. BRGM/RP-57299-FR.

Ouvrage collectif sous la direction de Jean-Claude Roux (2006) - Aquifères et Eaux souterraines en France - BRGM Editions - Tome 2, Chap. XIII, p.774

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

Vernoux, J.F., Wuilleumier A., Seguin J.J. et Dörfliger N. (2007) – Méthodologie de délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Rapport intermédiaire : synthèse bibliographique et analyse des études réalisées sur le bassin Seine-Normandie, rapport BRGM/RP-55332-FR, 128 pages, 125 illustrations, 8 annexes.

Vittecoq B. (2006) – Définition des réseaux de suivi de l'état quantitatif et du contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine de la Martinique, conforme aux prescriptions de la Directive Cadre sur l'Eau. BRGM/RP-55098-FR. 55 pages, 6 illustrations, 4 annexes.

Vittecoq B., Lachassagne P., Lanini S., Ladouche B., Maréchal J.C et Petit V. (2007) Elaboration d'un système d'information sur les eaux souterraines de la Martinique : identification et caractérisations quantitatives. Rapport BRGM/RP-55099-FR, 221 p., 87 ill., 8 ann.

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

## **Annexe 1**

### **Listes des sources étudiées**







Caractérisation des sources de Martinique

Nom de la source	Autre nom	Commune	Déjà analysé ?	Lieu_dit	Type de localisation	Numero_BS_S	Code_SA_NDRE	Origine de l'information	X_WGS_20	Y_WGS_20	X_Fort_Dessal	Y_Fort_Dessal	Géologie	Commentaire
Source Moreau-Catin		Le Lorrain	O	Dornal	Emergence	1169Z20169	08206004	DS/DS	708933	1640596	708546	1640425		
Source Mome Etiole	SOURCE MORINE ETOILE(LAURE ANNONAY)	Le Lorrain	O	Mome Etiole	Emergence	1169Z20170	08206005	DS/DS	708835	1638531	708449	1638361		
Source Pamphile		Le Lorrain	O	Maccadoins	Emergence	1169Z20171	08207017	DS/DS	707455	1637888	707068	1637718		
Source Cousin		Le Marqot	O	Dehaumont	Emergence	1169Z20172	08217008	DS/DS	711610	1638803	711223	1639633		
Source de Deux Choux Cimentée		Le Marqot	O		Inconnu	1174Z20110	08202001	DS/D / IG / BR	707156	1629240	706770	1629070		
Source Molina	Source Habitation GF	Le Marqot	O	Crassous	Prise d'eau	1169Z20123	08217004	DS/DS	710903	1638412	710517	1638242	Andésites	
Source Pain		Le Marqot	O	Grand Degrad	Emergence	1169Z20173	08205021	DS/DS	710441	1636549	710954	1636379		
Source de Lourdes		Le Marqot	O	Pain	Emergence	1169Z20128	08205016	DS/D / IG / BR	710350	1637121	709963	1637047		
Source Font de Rivière Ecreuses		Le Marqot-Rouge	O	Du Val Joli	Emergence	1168Z20108	08328002	DS/D / IG / BR	704438	1634754	700643	1634584	Nuées Ardentes	
Source Saint Joseph		Le Marqot-Rouge	O	Petit Préville	Emergence	1168Z20065	08113005	DS/D / IG / BR	700517	1636335	700131	1636165	Nuées Ardentes	
Source Attila	SOURCE SAINT JOSEPH (CHAZEAU)	Le Marqot-Rouge	O	Petit Préville	Emergence	1168Z20068	08113008	DS/DS	702111	1636145	698563	1635975	Nuées Ardentes	
Source Chaplet	SOURCE ATILLA (TROP-PIEN)	Le Marqot-Rouge	O	Chazeau	Emergence	1168Z20068	08113008	DS/DS	702111	1636145	698563	1635975	Nuées Ardentes	
Source Ganate	Source de la Ravine l'Abbé	Le Marqot-Rouge	O	Mome Piquet	Emergence	1173Z20019	08321003	DS/D / IG / CG	701901	1627394	701515	1627224	Dolite	
Source Ananis	Source Trégate 3 ?	Le Marqot-Rouge	O	Mome Vert	Emergence	1167Z20069	08011001	IG/ BR / BRGM	692882	1637655	692494	1637485	Nuées Ardentes anciennes	Débit max de 1,1 m <sup>3</sup> /h (06/05/2008)
Source Fond Brillé		Le Robert	O	Vert Pré	Emergence	1175Z20176	08040006	DS/DS	717628	1625346	717247	1625176	Basaltes	
Source Lan Mason		Le Robert	O	Fond Brillé	Inconnu	1175Z20174	08051005	DS/DS	711905	1621483	719519	1621313	Hyaloclastites	
Source Heureux	Source Chappelle Vill	Le Robert	O	Chappelle Vill	Inconnu	1179Z20313	08601001	DS/DS	722015	1619153	721628	1618984	Hyaloclastites	
Source Tigon		Le Robert	O	Heureux	Emergence	1179Z20322	08601006	DS/DS	722019	1619392	721632	1619222		
Source La Digue		Le Robert	N	Four-à-Chaux	Inconnu	1179Z20322	08601006	DS/DS	722019	1619392	721632	1619222		
Source La Vermelle		Le Robert	N	La Digue	Inconnu	1175Z20180	08226004		718473	1628411	719877	1628242		
Source Le Vauclin		Le Robert	N	Le Vauclin	Inconnu	1175Z20174	08226001	IG/ N	720103	1628411	719877	1628242	Hyaloclastites	
Source Larcher		Le Robert	N	Le Vauclin	Inconnu	1175Z20174	08226001	IG/ N	720103	1628411	719877	1628242	Hyaloclastites	
Source Belleuve	Source chaude Petite Anse	Macouba	O	Bellevue	Inconnu	1166Z20045	08103008	DS/DS	698999	1642503	698612	1642332	Nuées Ardentes	
Source Nord Plage		Macouba	O	Nord Plage	Emergence	1166Z20042	08103002	DS/DS / BRGM	698456	1645165	698069	1644984	Alluvions	
Source Deslites		Macouba	O	Deslites	Inconnu	1166Z20041	08103009	DS/DS	698238	1642492	697951	1642322	Nuées Ardentes	
Source Fondilles		Macouba	O	Le Coin des	Emergence	1166Z20025	08103004	DS/D / IG / BR	700512	1644746	700125	1644576	Nuées Ardentes	échantillonnée par le BRGM en 2007 - Datation
Source Duponche 2	Source le coin des Amoureux	Macouba	N	Rivière Dupont	Inconnu	1166Z20063	08103012	DS/DS	698461	1645374	698075	1645204	Nuées Ardentes	
Source Rivière Macouba 2	Source Macouba 1A	Macouba	N	Rivière Macou	Emergence	1166Z20043	08103005	IG/ BRGM	700387	1644296	699601	1644128	Nuées Ardentes	reconnaissance terrain effectuée par le BRGM
Source Rivière Macouba 1		Macouba	N	Rivière Macou	Emergence	1166Z20051	08103011	BRGM	698939	1642650	698463	1642480	Nuées Ardentes	reconnaissance terrain effectuée par le BRGM
Source Baudille		Rivière-Pilote	O	Mome Escarpé	Emergence	1163Z20092	08103010	IG/ BRGM	698300	1642611	698444	1642641	Nuées Ardentes	
Source Fougainville		Rivière-Pilote	O	Plat Pays	Emergence	1163Z20069	08113001	DS/D / IG	725553	1652422	725197	1652073	Andésites	
Source Dédé		Rivière-Pilote	O	Mome Honoré	Emergence	1182Z20168	08120002	DS/DS	725949	1651720	726991	1651491		
Source Desarmarières		Rivière-Salee	O	Quartier bas	Emergence	1182Z20168	08120002	DS/DS	725949	1651720	726991	1651491		
Source Grand Figue		Rivière-Salee	O	Desarmarières	Emergence	1182Z20169	08120001	DS/DS	722139	1650697	721753	1650518	Andésites	
Source Saint-Luce		Rivière-Salee	O	Guinée Fleuri	Emergence	1182Z20170	08120003	DS/DS	724247	1650471	722641	1650452		
Source Etienne		Sainte-Luce	O	Monésie / G	Emergence	1185Z20129	08120003	DS/DS	723196	1650665	722810	1650644		
Source Anse Azérot		Sainte-Luce	O	Monésie / G	Emergence	1185Z20130	08120003	DS/DS	723196	1650665	722810	1650644		
Source Casinel		Sainte-Luce	O	Quartier Lafite	Emergence	1185Z20130	08120003	DS/DS	723196	1650665	722810	1650644		
Source Casimé		Sainte-Luce	O	Quartier Lafite	Emergence	1185Z20130	08120003	DS/DS	723196	1650665	722810	1650644		
Source Anse Azérot		Sainte-Marie	O	Bois l'Etang	Emergence	1182Z20171	08120004	DS/DS	723376	1650461	722990	1650482		
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Anse Azérot	Inconnu	1174Z20113	08121002	DS/DS	709966	1631122	709579	1630962	Andésites	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Anse Azérot	Inconnu	1174Z20113	08121002	DS/DS	709966	1631122	709579	1630962	Andésites	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Rue Derrière	Inconnu	1169Z20174	08211007	DS/DS	711222	1633107	710636	1632937	Basaltes	
Source Casimé	Source Cité	Sainte-Marie	O	Rue Jacques	Emergence	1169Z20146	08211007	DS/DS / IG	712956	1635123	712569	1634953	Basaltes	
Source Casimé	Camel-Saint Jacques	Sainte-Marie	O	Rue Jacques	Emergence	1169Z20146	08211007	DS/DS / IG	712956	1635123	712569	1634953	Basaltes	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Spourtoune N	Emergence	1174Z20139	08212016	DS/DS	712311	1630728	711924	1630658		
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Kobon Ouest	Prise d'eau	1169Z20175	08215019	DS/DS	712638	1633571	712251	1633401		
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Reculée / Tro	Emergence	1169Z20145	08213003	DS/DS / IG	712312	1634716	711629	1634446	Basaltes	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Saint Aromat	Prise d'eau	1174Z20120	08212008	DS/DS	712200	1631175	711813	1631005	Basaltes	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Mazières / B	Emergence	1169Z20142	08211006	DS/DS	711328	1633107	710841	1632837	Basaltes	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Félix 1	Emergence	1169Z20176	08211015	DS/DS	713539	1631808	713152	1631638		
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Fond Venille	Emergence	1169Z20177	08211015	DS/DS	712544	1633467	712157	1633297		
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Fournils	Emergence	1169Z20163	08213004	DS/D / DAF	714525	1634468	714138	1634238	Alluvions	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Bezaudin	Inconnu	1169Z20160	08211013	DS/DS	711529	1633924	711143	1633745		
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Belle Etiole	Emergence	1170Z20040	08214001	DS/D / IG	716453	1633881	716056	1633691	Andésites	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Saint Aromat	Inconnu	1174Z20094	08212015	DS/D / IG	712018	1631602	711652	1631452	Basaltes	
Source Casimé	bois de Union	Sainte-Marie	O	Bois de l'Union	Emergence	1169Z20143	08215008	DS/DS	710952	1634292	710565	1634122	Basaltes	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Rivière Romé	Emergence	1169Z20153	08211010	DS/DS / IG	712009	1634267	711623	1633917	Hyaloclastites	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Mome des E	Emergence	1174Z20092	08212006	DS/D / IG	713385	1631461	712999	1631291	Andésites	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Mome des E	Inconnu	1174Z20140	08221007	DS/DS	714089	1630512	713702	1630342	Basaltes	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Bezaudin	Emergence	1169Z20168	08211012	DS/DS	710735	1632962	710546	1632813	Basaltes	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Abondance	Emergence	1169Z20179	08121016	DS/DS	713586	1632262	713199	1632092		
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Mome Balaud	Emergence	1183Z20063	08100103	DS/DS / IG	728724	1619073	726349	1618904	Calcaire	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Fond Coullès	Emergence	1183Z20070	08100104	DS/DS / IG	725905	1611674	725519	1611505		
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Rivière Moquet	Emergence	1183Z20071	08100105	DS/DS	728829	1610038	726442	1609869		
Source Casimé	Source Cœur Bouilli	Sainte-Marie	O	Cœur Bouilli	Prise d'eau	1174Z20089	08121003	DS/DS	707949	1628076	707563	1625906	Basaltes	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Rivière l'Or	Emergence	1167Z20021	08411003	DS/DS	708458	1622531	708072	1622361		
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Grosny	Prise d'eau	1176Z20022	08401002	DS/DS	713843	1621759	713257	1621559		
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Chasse Gouté	Emergence	1174Z20090	08401001	DS/DS	710379	1622882	709992	1622713	Andésites	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Skaïlles	Emergence	1174Z20141	08411001	DS/DS	708727	1623962	708344	1623792	Andésites	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Rivière Mons	Emergence	1178Z21687	08411002	DS/DS	709395	1621915	708999	1621745	Andésites	
Source Casimé		Sainte-Marie	O	Saint James	Emergence	1173Z20133	08326004	DS/DS	697940	1630957	697553	1630787		

## **Annexe 2**

### **Nombre de prélèvements par sources**



Nom de la source	Code BSS	Nombre de prélèvements	Première date	Dernière date	Nombre d'analyses
SOURCE DUMANOIR	1169ZZ0142	6	14-juin-04	09-mai-09	370
SOURCE BRIN D'AMOUR	1175ZZ0167	5	22-févr-05	25-nov-08	1103
LES 3 SOURCES	1174ZZ0113		14-juin-05	07-déc-09	387
SOURCE BAUELLE	1183ZZ0074		02-mars-05	04-déc-08	368
SOURCE DU BORD DE MER	1166ZZ0024	4	18-mai-04	26-nov-08	1107
SOURCE SIX	1169ZZ0158		16-juil-07	13-oct-08	783
SOURCE LES DAMES	1183ZZ0076		11-mai-04	04-déc-08	391
SOURCE L'EAU BOUILLIE	1168ZZ0082		18-mai-04	10-déc-08	730
SOURCE DE NORD PLAGE	1166ZZ0023	3	08-juin-04	01-déc-08	751
SOURCE CARABIN	1169ZZ0082		14-juin-04	02-déc-08	738
SOURCE CASE PAUL	1166ZZ0042		15-juin-04	10-déc-08	750
SOURCE MARIE DÉAU	1170ZZ0050		14-juin-04	14-oct-08	756
SOURCE LES OMBRAGES	1168ZZ0060		25-mai-04	27-nov-08	752
SOURCE MORNE FIGUE	1175ZZ0153		22-févr-05	25-nov-08	736
SOURCE GROSSE GOUTTIERE	1174ZZ0090		01-juin-04	12-mars-08	359
SOURCE FREDEE	1179ZZ0282		05-avr-04	06-nov-08	408
SOURCE DARDANUS	1179ZZ0283		07-juin-04	22-nov-08	394
SOURCE DUPOTICHE	1166ZZ0025		18-mai-04	01-déc-08	751
SOURCE DE L'ALMA	1173ZZ0076		20-janv-04	24-oct-07	51
SOURCE LAN MAISON	1179ZZ0314		22-févr-05	20-nov-08	716
SOURCE SARRAULT	1179ZZ0292		24-janv-05	30-oct-08	738
SOURCE RIVIÈRE MONSIEUR	1178ZZ1687		01-juin-04	13-nov-08	738
SOURCE BASSIGNAC	1175ZZ0166		22-févr-05	25-nov-08	351
SOURCE ABONDANCE	1183ZZ0063		12-avr-05	17-déc-08	737
SOURCE DE GRAND FIGUE	1185ZZ0129		07-juin-04	17-nov-08	23
SOURCE COEUR BOULIKI	1174ZZ0089		01-juin-04	12-mars-08	33
SOURCE BELLEVUE	1166ZZ0045		15-juin-04	01-déc-08	22
SOURCE HABITATION FOND BRULE	1169ZZ0166		20-févr-08	02-déc-08	748
SOURCE L'HEUREUX	1175ZZ0178	31-août-06	25-nov-08	705	
SOURCE COUSIN	1169ZZ0172	30-janv-08	09-déc-08	384	
SOURCE ANANAS	1175ZZ0176	22-févr-05	25-juil-05	363	
SOURCE GRAND RIVIERE	1165ZZ0003	19-juin-06	01-déc-08	706	
SOURCE FOURNIOLS	1169ZZ0163	14-juin-04	13-oct-08	396	
SOURCE DE DUCHESNETEAU	1174ZZ0136	26-juin-08	16-déc-08	26	
SOURCE DE FOND BRÛLE	1169ZZ0165	07-juin-07	02-déc-08	738	
SOURCE CLOSE	1179ZZ0312	24-janv-05	11-déc-08	382	
SOURCE SORRENTE	1169ZZ0179	30-janv-08	09-mai-09	21	
SOURCE KAY LELENE	1168ZZ0119	02-juil-07	26-nov-08	742	
SOURCE TIGON	1179ZZ0322	11-mai-06	20-nov-08	345	
SOURCE DU CALVAIRE	1174ZZ0106	26-juin-08	12-nov-08	26	
SOURCE TRIANON	1168ZZ0047	25-mai-04	18-déc-08	23	
SOURCE DE GRAND FOND	1173ZZ0078	30-janv-07	19-nov-08	23	
LA MACHOULOUNE	1179ZZ0316	11-mai-06	30-oct-08	344	
SOURCE DE L'ILET	1168ZZ0056	08-juin-04	27-nov-08	383	
SOURCE DESILES	1166ZZ0041	08-juin-04	09-janv-08	384	
SOURCE DES FRUITS A PAIN	1174ZZ0120	14-juin-04	15-oct-08	21	
SOURCE DERRIÈRE FORT	1179ZZ0310	02-mars-05	30-oct-08	381	
SOURCE DELYON (BAREGE)	1174ZZ0137	20-févr-08	05-nov-08	748	
SOURCE DUPUY	1179ZZ0291	24-janv-05	20-oct-08	380	
SOURCE MARC CECILE	1168ZZ0059	28-févr-07	27-nov-08	376	
SOURCE BELLEVUE 2	1179ZZ0286	24-janv-05	11-déc-08	21	
SOURCE BODARD	1179ZZ0285	24-janv-05	06-nov-08	381	
SOURCE PETIT PREVILLE	1168ZZ0055	12-juil-05	19-nov-08	377	
SOURCE BEAUSÉJOUR	1165ZZ0006	19-juil-05	09-déc-08	367	
SOURCE CARAIBE	1183ZZ0053	12-avr-05	04-déc-08	381	
SOURCE MLE FRANCOISE	1174ZZ0094	14-juin-04	15-oct-08	22	
SOURCE CASINEL	1169ZZ0146	14-juin-04	14-oct-08	35	
SOURCE HABITATION CRASSOUS	1169ZZ0123	15-oct-08	02-mai-09	24	
SOURCE RECLÉE	1169ZZ0143	14-juin-05	09-mai-09	24	
SOURCE CIMETIÈRE	1174ZZ0139	16-déc-08	09-mai-09	23	
SOURCE LINVAL	1169ZZ0168	18-déc-08	09-mai-09	24	
SOURCE L'AROMAN	1169ZZ0178	14-oct-08	09-mai-09	37	
SOURCE LAGROSILLIERE	1174ZZ0138	12-nov-08	09-mai-09	385	
SOURCE MATROL	1169ZZ0103	18-déc-08	09-mai-09	24	
SOURCE LARCHER	1184ZZ0036	11-mai-04	18-nov-08	23	
SOURCE ATTILA TP	1173ZZ0068	02-juin-04	24-août-06	17	

## Caractérisation des sources de Martinique

Nom de la source	Code BSS	Nombre de prélèvements	Première date	Dernière date	Nombre d'analyses
SOURCE DE 2 CHOUX CIMENTEE	1174ZZ0110	1	19-juin-08	19-juin-08	10
SOURCE DE LOURDES	1168ZZ0108		15-déc-08	15-déc-08	13
SOURCE ANNONAY	1169ZZ0094		02-déc-08	02-déc-08	374
SOURCE DE 2 CHOUX BAMBOU	1173ZZ0095		19-juin-08	19-juin-08	10
SOURCE BELLEFOND	1174ZZ0104		22-août-05	22-août-05	359
SOURCE ANSE AZEROT	1170ZZ0052		06-oct-08	06-oct-08	375
SOURCE CAPITAINÉ	1174ZZ0135		12-nov-08	12-nov-08	13
SOURCE DE GRANDE SAVANE	1179ZZ0315		24-nov-08	24-nov-08	13
SOURCE DE LAFITTE	1185ZZ0130		07-juin-04	07-juin-04	10
SOURCE FOND BAMBOU	1179ZZ0284		24-août-06	24-août-06	334
SOURCE DALPHRASE	1169ZZ0164		09-déc-08	09-déc-08	13
SOURCE DANDAM	1173ZZ0079		27-juin-06	27-juin-06	10
SOURCE CITRON	1169ZZ0175		16-déc-08	16-déc-08	13
SOURCE CASERUS	1169ZZ0174		14-oct-08	14-oct-08	374
SOURCE AUGUSTIN	1169ZZ0102		02-déc-08	02-déc-08	374
SOURCE AGATHE	1173ZZ0106		18-déc-08	18-déc-08	13
SOURCE CAPLET	1173ZZ0119		15-déc-08	15-déc-08	13
SOURCE RAQUIL	1179ZZ0320		11-déc-08	11-déc-08	13
SOURCE FÉLIX 1	1169ZZ0176		13-oct-08	13-oct-08	374
SOURCE MOQUETTE	1183ZZ0071		03-nov-08	03-nov-08	374
SOURCE MOREAU/ CATIN	1169ZZ0169		16-oct-08	16-oct-08	374
SOURCE MORNE ACAJOU	1183ZZ0068		17-déc-08	17-déc-08	13
SOURCE MORNE ETOILE	1169ZZ0170		18-déc-08	18-déc-08	374
SOURCE MORNE HONORE	1182ZZ0168		18-nov-08	18-nov-08	13
SOURCE NOVE	1174ZZ0141		06-juil-06	06-juil-06	10
SOURCE PAMPHILE	1169ZZ0171		16-oct-08	16-oct-08	374
SOURCE PAPIN	1169ZZ0128		03-déc-08	03-déc-08	374
SOURCE MOLINA	1169ZZ0173		09-déc-08	09-déc-08	374
SOURCE PONT DE RIVIERE ECREVISSÉS	1168ZZ0111		18-déc-08	18-déc-08	13
SOURCE MERICETTE	1179ZZ0317		30-oct-08	30-oct-08	13
SOURCE RILOS	1179ZZ0321		20-oct-08	20-oct-08	374
SOURCE ROMANETTE	1169ZZ0153		14-juin-04	14-juin-04	9
SOURCE ROUMEAU	1173ZZ0077		19-nov-08	19-nov-08	13
SOURCE RUE MULATRE	1174ZZ0092		06-oct-08	06-oct-08	374
SOURCE SAINT ETIENNE	1174ZZ0105		05-nov-08	05-nov-08	374
SOURCE SAINT JOSEPH	1168ZZ0058		19-nov-08	19-nov-08	374
SOURCE SAINT LAURENT	1174ZZ0140		06-oct-08	06-oct-08	374
SOURCE ST JAMES	1173ZZ0133		15-déc-08	15-déc-08	374
SOURCE TRIPEAU	1179ZZ0288		11-déc-08	11-déc-08	13
SOURCE PIERROT	1173ZZ0080		27-juin-06	27-juin-06	10
SOURCE FOND VERVILLE	1169ZZ0177		13-oct-08	13-oct-08	387
SOURCE DE TROU MANGOUSTE	1169ZZ0145		06-oct-08	06-oct-08	374
SOURCE DEDE	1182ZZ0156		17-mai-04	17-mai-04	10
SOURCE DESMARINIÈRES	1182ZZ0169		17-nov-08	17-nov-08	13
SOURCE DESROSES	1179ZZ0311		11-déc-08	11-déc-08	374
SOURCE DEWOUVRES	1178ZZ2022		09-déc-08	09-déc-08	374
SOURCE DIONY	1168ZZ0122		16-déc-08	16-déc-08	374
SOURCE DOS D'ANE	1180ZZ0130		03-nov-08	03-nov-08	374
SOURCE ETIENNE	1182ZZ0171		17-nov-08	17-nov-08	374
CRESSONNIERE DE RIVIERE L'OR			14-mars-07	14-mars-07	8
SOURCE MONT DE LA TRANQUILITÉ			12-avr-05	12-avr-05	7
SOURCE VILLAGEOIS	1182ZZ0167		24-nov-08	24-nov-08	13
SOURCE DE RIVIERE L'OR	1178ZZ2021		05-nov-08	05-nov-08	374
SOURCE FONDGILLES	1166ZZ0053		08-juin-04	08-juin-04	9
SOURCE FONDS BRULÉS	1179ZZ0313		22-févr-05	22-févr-05	7
SOURCE FOUGAINVILLE	1183ZZ0069		18-nov-08	18-nov-08	13
SOURCE GUINÉE	1182ZZ0170		18-nov-08	18-nov-08	374
SOURCE LA DIGUE	1169ZZ0167		16-déc-08	16-déc-08	374
SOURCE LA JACQUES	1179ZZ0309		02-mars-05	02-mars-05	7
SOURCE LADOR	1179ZZ0319		20-oct-08	20-oct-08	374
SOURCE MANOT	1173ZZ0132		27-juin-06	27-juin-06	10
SOURCE MEDAILLE	1173ZZ0108	12-mars-08	12-mars-08	13	
SOURCE FIRMIN	1183ZZ0070	03-nov-08	03-nov-08	374	

## **Annexe 3**

### **Liste des paramètres analysés**





Paramètre	Nombre de sources	Nombre d'analyses
1-(3,4-dichlorophényl)-3-méthylurée	76	99
1-(3,4-dichlorophényl)-urée	76	99
1-(4-isopropylphényl)-urée	65	77
1113, Tétrachloropropane	13	13
2,3-dichloropropylène	14	14
2,4,5-T	76	99
2,4-D	76	99
2,4-DB	76	99
2,4-MCPA	76	99
2,4-MCPB	76	99
2,6-Dichlorobenzamide	76	99
Acétochlore	76	99
Acifluorfen	76	99
Aclonifen	76	99
Acinathrine	76	99
Alachlore	76	99
Aldicarbe	70	90
Aldicarbe sulfoné	73	94
Aldicarbe sulfoxyde	73	94
Aldrine	76	99
Alphaméthrine	76	99
Aluminium total µg/l	2	2
Améthryne	76	99
Amidosulfuron	76	99
Amitraze	76	99
Ammonium (en NH4)	5	5
AMPA	75	97
Antraquinone	76	99
Arsenic	2	2
Aspect (qualitatif)	115	152
Asulame	76	99
Atrazine	77	101
Atrazine déséthyl	76	99
Atrazine et ses métabolites	1	1
Atrazine-désisopropyl	76	99
Azaconazole	76	99
Azarnéthiphos	76	99
Azinphos éthyl	76	99
Azinphos méthyl	76	99
Azoxystrobine	76	99
Bact. aér. revivifiables à 22°-68h	86	91
Bact. aér. revivifiables à 22°-72h	80	109
Bact. aér. revivifiables à 36°-44h	118	169
Bact. aér. revivifiables à 37°-24h	29	31
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	12	12
Bactéries coliformes/100ml-ML	2	2
Bactéries coliformes/100ml-MS	123	198
Bénelaxyl	76	99
Bénelocarbe	76	99
Benfluraline	76	99
Benfuracarbe	71	86
Benomyl	76	99
Benoxacor	71	86
Bentazone	76	99
Bifenox	76	99
Bifenthrine	76	99
Bioresmethrine	76	99

Paramètre	Nombre de sources	Nombre d'analyses
Couleur (qualitatif)	115	154
Coumaphos	76	99
Coumatétralyl	76	99
Cyanazine	76	99
Cyfluron	76	99
Cyfluthrine	76	99
Cymoxanil	76	99
Cyperméthrine	76	99
Cyproconazol	76	99
Cyprodinil	76	99
DDD-2,4'	76	99
DDD-4,4'	76	99
DDE-2,4'	76	99
DDE-4,4'	76	99
DDT-2,4'	76	99
DDT-4,4'	76	99
Débit instantané	1	2
Deltaméthrine	76	99
Déméton	76	99
Déméton S méthyl sulfoné	76	99
Depaléthrine	76	99
Desméthynorflurazon	71	86
Desméthryne	76	99
Diallate	76	99
Diazinon	76	99
Dibromoéthane-1,2	14	14
Dibromométhane	14	14
Dicamba	76	99
Dichlobénil	76	99
Dichlorofenthion	76	99
Dichlorofluantide	76	99
Dichlorobenzène-1,2	14	14
Dichlorobenzène-1,3	14	14
Dichlorobenzène-1,4	14	14
Dichloroéthane-1,1	14	14
Dichloroéthane-1,2	14	14
Dichloroéthylène-1,1	14	14
Dichloroéthylène-1,2 cis	14	14
Dichloroéthylène-1,2 trans	14	14
Dichlorométhane	14	14
Dichlorométhane-1,1	14	14
Dichlorométhane-1,2	14	14
Dichlorométhane-1,3	14	14
Dichlorométhane-1,3 total	14	14
Dichloropropane-1,2	14	14
Dichloropropane-1,3	14	14
Dichloropropylène-1,3 total	14	14
Dichloroprop	76	99
Dichlorvos	76	99
Diclofop méthy	76	99
Dicofol	76	99
Dieldrine	76	99
Diéthofencarbe	76	99
Difénoconazole	76	99
Diflubenzuron	76	99
Diflufénicanil	76	99
Diméthuron	76	99
Diméthachlore	63	72
Diméthénamide	76	99
Diméthoate	76	99

Paramètre	Nombre de sources	Nombre d'analyses
Fluochloridone	76	99
Fluroxypr-méthyl	76	99
Fluprimidol	76	99
Flurtamone	76	99
Flusilazol	76	99
Fluthiamide	62	67
Flutriafol	76	99
Fluvinalate-tau	76	99
Folpel	76	99
Fomesafen	63	72
Fonofos	76	99
Fornothion	76	99
Fosthiazate	71	87
Fréon 113	14	14
Furalaxyl	76	99
Furathiocarbe	63	72
Glufosinate	72	88
Glyphosate	75	97
Haloxypol éthoxyéthyl	76	99
HCH alpha	76	99
HCH beta	77	101
HCH delta	76	99
HCH epsilon	76	99
HCH gamma (lindane)	76	99
Heptachlore	76	99
Heptachlore époxyde	76	99
Heptachlore époxide	76	99
Heptachlore époxide	76	99
Hexachlorobenzène	76	99
Hexachlorobutadiène	14	14
Hexachloroéthane	14	14
Hexaconazole	76	99
Hexaflururon	76	99
Hexazinone	77	101
Hexythiazox	76	99
Hydrogencarbonates	2	2
Hydroxycarbofuran-3	63	72
Imazalile	76	99
Imazaméthabenz	76	99
Imidaclopride	76	99
Iodofenphos	76	99
Iodosulfuron-méthyl-sodium	63	72
Ioxynil	76	99
Ioxynil octanoate	63	72
Iprodione	76	99
Iprovalicarb	63	72
Isopropinos	76	99
Isoprine	76	99
Isotefnos	76	99
Isoproturon	76	99
Isoxaben	76	99
Isoxaflutole	76	99
Kresoxim-méthyle	76	99
Lambda Cyhalothrine	76	99
Lenacile	76	99
Limuron	76	99
Lufénuron	76	99
Magnésium	2	2

Paramètre	Nombre de sources	Nombre d'analyses
Phorate	76	99
Phosalone	76	99
Phosmet	76	99
Phosphamidon	76	99
Phoxime	76	99
Picoxystrobine	62	67
Piperonil butoxide	76	99
Potassium	2	2
Prétilachlore	63	72
Prochloraze	76	99
Procymidone	76	99
Profénofos	76	99
Promécarbe	76	99
Prométhrine	76	99
Prométion	76	99
Propachlore	76	99
Propanil	76	99
Propaquizafop	76	99
Propargite	76	99
Propazine	76	99
Propétamphos	76	99
Propiconazole	76	99
Propoxur	68	85
Propyzamide	76	99
Prosulfocarbe	76	99
Pseudomonas aeruginosa par 100ml	10	10
Pyraclostrobrine	63	72
Pyrazophos	76	99
Pyridabène	76	99
Pyridate	76	99
Pyrifénos	76	99
Pyriméthanol	76	99
Pyrimicarbe	71	86
Pyrimiphos éthyl	76	99
Pyrimiphos méthyl	76	99
Quinlozène	76	99
Quinoxifén	76	99
Quintozène	76	99
Quizalofop éthyle	63	72
Roténone	76	99
Salmonelles sp /11	1	1
Salmonelles sp /51	2	2
Saveur (qualitatif)	3	3
Sébutylazine	76	99
Secbuméton	76	99
Silicates (en mg/L de SiO2)	2	2
Simazine	76	99
S-Métolachlore	12	12
Sodium	2	2
Spiroxamine	71	86
Spores bact.aer.sulfito-réd./20ml	46	48
Sulcotrione	76	99
Sulfates	3	3
Sulfotopp	76	99
Tebuconazole	76	99
Tébufénozide	76	99

Paramètre	Nombre de sources	Nombre d'analyses
Bifertanol	76	99
Bore mg/L	2	2
Bromacil	76	99
Bromadiolone	76	99
Bromochlorométhane	14	14
Bromoforme	14	14
Bromophos éthyl	76	99
Bromophos méthyl	76	99
Bromopropylate	76	99
Bromoxynil	76	99
Bromuconazole	76	99
Bupirimate	76	99
Butralaine	76	99
Buturon	76	99
Cadusafos	76	99
Calcium	2	2
Captafol	76	99
Caplane	76	99
Carbaryl	68	85
Carbendazime	76	95
Carbénamide	76	99
Carbofuran	68	85
Carbophénolion	71	86
Carbosulfan	63	72
Chinométhionate	76	99
Chlorbromuron	76	99
Chlorbufame	76	99
Chlorane	76	99
Chlordane alpha	76	99
Chlordane bêta	76	99
Chlordane gamma	71	86
Chlordecone	77	101
Chlorfenvinphos	76	99
Chlorflazuron	63	72
Chloridazone	76	99
Chlorméphos	76	99
Chlorodibromométhane	14	14
Chloroforme	14	14
Chloroneb	76	99
Chlorophacinone	76	99
Chlorothalnil	76	99
Chloroxuron	76	99
Chlorprophame	76	99
Chlorpyrifos éthyl	76	99
Chlorpyrifos méthyl	76	99
Chlorisulfuron	76	99
Chlorthal	76	99
Chlorthiamide	76	99
Chloroluron	76	99
Chlorures	2	2
Clomazone	76	99
Cloquintocet-mexyl	76	99
Colaration	1	1
Conductivité à 20°C	7	7
Conductivité à 25°C	126	207

Paramètre	Nombre de sources	Nombre d'analyses
Diméthomorphé	76	99
Diméthilan	76	99
Diniconazole	76	99
Dinitrocrésol	76	99
Dinocap	76	99
Dinoseb	76	99
Dinoterbe	76	99
Diquat	62	65
Disyston	76	99
Dithianon	63	72
Diuron	67	101
Endosulfan alpha	76	99
Endosulfan bêta	76	99
Endosulfan sulfate	76	99
Endosulfan total	63	72
Endrine	76	99
Entérocoques /100ml (MP)	6	6
Entérocoques /100ml-LML	39	43
Entérocoques /100ml-MS	122	172
Epoxyconazole	76	99
EPTC	76	99
Escherichia coli / 100ml (MP)	9	9
Escherichia coli /100ml -MF	127	213
Esfenvalérate	76	99
Ethidimuron	76	99
Ethion	76	99
Ethiophencarbe	76	99
Ethofumésate	76	99
Ethoprophos	76	99
Famoxadone	76	99
Fénamidone	76	99
Fénarimol	76	99
Fénazaquin	71	86
Fenbuconazole	71	86
Fenchlorphos	63	72
Fenhexamid	63	72
Fenitrothion	76	99
Fénoxaprop-éthyl	76	99
Fénoxycarbe	76	99
Fenpropathrine	76	99
Fenpropidin	76	99
Fenproprymorphé	76	99
Fenthion	76	99
Fénuron	76	99
Fer total	2	2
Ferbame	76	99
Fipronil	76	99
Flazasulfuron	76	99
Fluazifop butyl	76	99
Fluoxonil	76	99
Flufénoxuron	76	99
Flumioxazine	76	99
Fluorures mg/L	2	2
Flupyrifluron-méthyle	63	72
Fluquinconazole	76	99
Fluridone	76	99

Paramètre	Nombre de sources	Nombre d'analyses
Malathion	76	99
Manganèse total	2	2
Mécaprop	76	99
Méfenacet	76	99
Méfenpyr diéthyl	62	67
Mépronil	76	99
Mésosulfuron-méthyl	63	72
Métalabenzthiazuron	76	99
Métalaxyle	76	99
Métamitron	76	99
Métazachlore	76	99
Méthidathion	76	99
Méthiocarb	68	85
Méthomyl	68	85
Méthoxychlore	76	99
Métobromuron	76	99
Métolachlore	76	99
Métosulam	76	99
Métoxuron	76	99
Métribuzine	76	99
Metsulfuron méthyl	76	99
Mévinphos	76	99
Molinate	76	99
Monolinuron	76	99
Monuron	76	99
Myclobutanil	76	99
Naled	76	99
Napropamide	76	99
Naptalame	76	99
Néburon	76	99
Nickel	2	2
Nitrates (en NO3)	122	177
Nitrites (en NO2)	3	3
Norflurazon	76	99
Nuarimol	76	99
Odeur (qualitatif)	116	155
Oturace	76	99
Orthophosphates (en PO4)	2	2
Oryzalin	76	99
Oxadiazon	76	99
Oxadixyl	76	99
Oxamyl	76	99
Oxydab. KMnO4 en ml. ac. à chaud	1	1
Oxydéméton méthyl	76	99
Oxyfluorène	71	86
Paraquat	62	65
Parathion éthyl	76	99
Parathion méthyl	76	99
Penconazole	76	99
Pencycuron	76	99
Pendiméthaline	76	99
Pentachlorobenzène	76	99
Pentachlorophénol	76	99
Perrmethrine	76	99
pH	124	206
Phenmédicphame	76	99

Paramètre	Nombre de sources	Nombre d'analyses
Tébufenpyrad	76	99
Tébutam	76	99
Téflubenzuron	76	99
Téméphos	76	99
Température de l'eau	126	205
Terbacile	76	99
Terbuméton	76	99
Terbuméton-déséthyl	62	67
Terbuphos	76	99
Terbutylazin	76	99
Terbutylazin déséthyl	76	99
Terbutylne	76	99
Tétrachlorobenzène-1,2,4,5	76	99
Tétrachloroéthane-1,1,1,2	14	14
Tétrachloroéthylène-1,1,2,2	14	14
Tétrachloroéthylène-1,1,2,2	14	14
Tétrachlorure de carbone	14	14
Tétrachlorvinphos	76	99
Tétraconazole	76	99
Tétradifon	76	99
Thiabendazole	76	99
Thiazluron	76	99
Thifensulfuron méthyl	63	72
Thiobencarde	71	86
Thiodicarbe	76	99
Thiofanox	63	72
Thiométon	76	99
Titre alcalimétrique complet	2	2
Titre hydrolimétrique	2	2
Tolyfluamide	76	99
Tralométhrine	76	99
Triadiméon	76	99
Triadimol	76	99
Triallate	76	99
Triasulfuron	63	72
Triazamate	76	99
Triazophos	76	99
Trichloro-1,2,3-benzène	14	14
Trichloro-1,2,4-benzène	14	14
Trichloro-1,3,5-benzène	14	14
Trichloroéthane-1,1,1	14	14
Trichloroéthane-1,1,2	14	14
Trichloroéthylène	14	14
Trichlorofluorométhane	14	14
Trichloropropène-1,1,3	1	1
Trichloro-1,2,3-propane	14	14
Triclopyr	76	99
Trifloxystrobine	63	72
Triflururon	76	99
Trifluraline	76	99
Trinexapac-éthyl	62	67
Turbidité néphélométrique NFU	90	102
Turbidité néphélométrique NTU	68	103
Vinchloroline	75	98

## **Annexe 4**

### **Fiches détaillées par sources**







Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional Martinique**  
Villa Bel Azur, 4 lot. Miramar  
Route Pointe des Nègres  
97200 Fort-de-France  
Tél. : 05 96 71 17 70