

SYNTHESE DE LA QUALITE DES EAUX DOUCES

DE LA REGION OUEST DE L'ILE DE LA REUNION

Juillet 2010

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : PRESENTATION DU RESEAU DE SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX	2
I. Rappels : objectifs du réseau géré par l'Office de l'eau	2
II. Méthodologie générale	2
II. 1. Structure du réseau de suivi	2
II. 2. Programme analytique	3
II. 3. Les partenaires et intervenants	3
III. Stations retenues et interprétation des résultats de la synthèse	3
III. 1. Stations retenues pour les eaux de surface	4
III. 2. Stations retenues pour les eaux souterraines	4
III. 3. Interprétation des résultats de la synthèse	5
DEUXIEME PARTIE : synthèse des résultats pour la Ravine Saint-Gilles	8
I. Principaux éléments indicateurs de contamination	8
I. 1. Les nitrates et les matières azotées	8
I. 2. Les matières phosphorées	9
I. 3. Les matières organiques	9
I. 4. Les particules en suspension	9
I. 5. Les bactéries	9
I. 6. Les pesticides	10
II. La biologie	10
II. 1. Macroinvertébrés	10
II. 2. Poissons et macrocrustacés	11
TROISIEME PARTIE : synthèse des résultats pour les eaux souterraines	13
I. Principaux éléments indicateurs de contamination	13
I. 1. La salinité (teneurs en chlorures)	13
I. 2. Les nitrates	14
I. 3. Le carbone organique dissous	16
I. 4. La Turbidité	16
I. 5. Les pesticides	17
I. 6. Les bactéries	17
II. Eléments sur l'origine des nitrates	18
CONCLUSIONS & PERSPECTIVES	19
ANNEXES	20

INTRODUCTION

La région Ouest connaît un fort développement démographique, agricole et d'infrastructures. Devant les besoins croissants en eau, la gestion durable de cette ressource est un enjeu majeur sur un tel territoire. Les ressources en eaux sont soumises à des contraintes plus ou moins fortes et croissantes. Les premiers impacts peuvent se traduire sur leur quantité et leur qualité ce qui peut par la suite contraindre les différents usages dont notamment la production d'eau potable. Par ailleurs, s'agissant de la seule façade abritant une zone lagonaire de haute valeur patrimoniale, la qualité des eaux 'continentales' s'écoulant de ce bassin versant peut se révéler un facteur limitant la bonne santé de cet espace côtier ainsi que de certains usages littoraux.

La problématique des effets des activités agricoles sur les milieux aquatiques est particulièrement prise en compte par le Département dans le cadre du programme d'irrigation du littoral ouest (ILO) dont il est le maître d'ouvrage. Le Département a notamment initié diverses actions visant une meilleure connaissance de l'état des eaux de cette région et des effets du développement agricole. Il a mis en place pour suivre ces différents travaux un Groupe d'évaluation environnementale.

Ainsi, en 1999 et 2000, parallèlement à la mise en service de l'Antenne 4, il a souhaité, avec divers partenaires, dresser un état initial de la qualité des eaux douces et marines de ce périmètre irrigué. En 2005, un bilan a été à nouveau établi sur ce même périmètre qui a permis de mettre en évidence une contamination par les nitrates des eaux souterraines, (contamination en hausse sur le secteur de La Saline-Ermitage) ainsi que, dans une moindre mesure, de la Ravine Saint-Gilles. Les apports azotés demeurent le seul paramètre dégradant la qualité des eaux souterraines ; les eaux de la Ravine Saint-Gilles étant particulièrement impactées par une contamination bactérienne.

Compte tenu des liens du programme ILO avec l'état des ressources en eau, le Département s'est associé à l'Office de l'eau pour participer au suivi des milieux aquatiques dans le cadre du contrat d'objectif 2009-2012 intitulé "Suivi des ressources en eau et des milieux aquatiques". A ce titre, une synthèse des données concernant la qualité des eaux douces est donc réalisée dans ce document en étendant la zone d'analyse de l'antenne 1 à 8. Les informations produites pourront alimenter les travaux du Groupe d'évaluation environnementale.

Ce document s'intéresse à deux grandes composantes de la qualité des eaux, la physico-chimie et la biologie. L'évolution des méthodologies, l'accroissement de l'effort d'observation (tant en nombre de stations qu'en nombre de substances analysées), les lacunes en matière d'outils d'interprétation (comme les indices biologiques) rendent encore difficile des analyses poussées sur des comparaisons inter et intra-annuelles par exemple.

Il n'a donc pas vocation à analyser de manière exhaustive l'ensemble des données produites par divers organismes sur le secteur mais à utiliser des données relativement comparables et bien définies. Il vise à dégager les principaux constats à différentes échelles spatiales et temporelles. Pour cela, l'analyse est menée sur la Ravine Saint-Gilles, seule rivière pérenne de la région Ouest, et sur les eaux souterraines.

Il est donc proposé d'extraire les données issues du suivi de la qualité des eaux produites par l'Office de l'eau depuis la fin des années 90 et jusqu'en 2008 sur cette région. Ce document présente de manière synthétique les résultats obtenus en se basant sur une sélection de paramètres indicateurs de la qualité des eaux. Deux grands types d'indicateurs sont retenus pour la qualité physico-chimique, les macropolluants et les micropolluants. La biologie sera qualifiée avec les poissons et macrocrustacés et les invertébrés benthiques.

Le corps du rapport est composé de trois parties :

- la 1^{ère} présente le réseau de suivi,
- la 2^{ème} dresse un bilan pour les eaux de la Ravine Saint-Gilles,
- la 3^{ème} établit un bilan pour les eaux souterraines.

PREMIERE PARTIE : PRESENTATION DU RESEAU DE SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX

Cette première partie présente le réseau de suivi de la qualité des eaux géré par l'Office de l'eau, réseau qui est la source des données utilisée pour l'élaboration de ce rapport.

I. Rappels : objectifs du réseau géré par l'Office de l'eau

L'Office de l'eau gère un réseau de suivi de l'état qualitatif et quantitatif des eaux à vocation patrimoniale (suivi à long terme des modifications des principales caractéristiques hydrologiques des milieux aquatiques et des effets des activités humaines). Ce réseau de suivi est constitué d'un certain nombre de points de prélèvements et de mesure répartis de manière à couvrir les différents milieux aquatiques d'eau douce, les 13 principaux cours d'eau pérennes et leurs affluents importants, la plupart des systèmes aquifères, les 3 principaux étangs. 4 thématiques font l'objet d'un suivi :

- la qualité physico-chimique (y compris les micropolluants) et bactériologique des eaux de surface et souterraines,
- la biologie des eaux de surface (invertébrés et poissons),
- la salinité des eaux souterraines,
- la quantité (débits et piézométrie) des eaux de surface et souterraines.

Les objectifs poursuivis par le réseau de suivi de qualité des eaux sont multiples :

- caractériser l'état général des eaux aussi bien qualitatif que quantitatif,
- identifier les contaminations et leurs origines possible,
- évaluer les tendances,
- produire des données au service de l'élaboration de documents de planification de la gestion de l'eau (SDAGE, SAGE, PDPG ...), de dossiers lois sur l'eau (autorisations de prélèvements, études d'impacts ...), de l'aide à la décision pour certaines mesures de gestion de l'eau (comité sécheresse),
- produire des informations sur l'eau destinées au grand public et acteurs de l'eau.

L'Office de l'eau exploite et valorise essentiellement ces résultats à l'échelle de l'île.

II. Méthodologie générale

II. 1. Structure du réseau de suivi

Un réseau de suivi de la qualité des eaux est un ensemble de stations de mesure faisant l'objet de prélèvements et de mesures régulièrement, selon un calendrier établi à l'avance (notion de prélèvement aléatoire) ; il doit être assuré d'une certaine pérennité pour remplir ses rôles.

Les premiers prélèvements ont démarré en 1994 sur une série de rivières et concernaient essentiellement les invertébrés benthiques auxquels s'ajoutaient ponctuellement des mesures physico-chimiques *in situ* et des analyses en laboratoire.

Depuis 1994, la structure du réseau (nombre et localisation des stations) a évolué, les protocoles également (nombre et fréquences de prélèvements, liste de paramètres analysés en laboratoire).

En 1999 et 2000, dans le cadre de la mise en service de l'antenne 4 du programme ILO, un protocole d'étude spécifique a été mis en place afin d'établir un état initial de la qualité des eaux sur ce secteur (étude intitulée 'point Zéro'). Ce protocole s'appuyait sur un certain nombre de stations et de paramètres. Les stations sélectionnées aussi bien en eaux de surface que souterraines dans cette étude ont ainsi constitué l'ossature du réseau actuel dans cette région.

Ce réseau 'point zéro' 1999-2000 était constitué de 3 stations en eaux superficielles et de 7 stations en eaux souterraines. Les groupes de paramètres physico-chimiques suivis dans ce réseau sont comparables à ceux faisant l'objet du suivi du réseau pérenne de l'Office de l'eau. Les macroinvertébrés benthiques et la faune piscicole avait également fait l'objet d'un suivi (cf. annexe 1).

II. 2. Programme analytique

Deux catégories de prélèvements sont réalisées à des fréquences et à des périodes variables :

- les prélèvements pour analyses physico-chimiques et bactériologiques en laboratoire pour les eaux de surface et souterraines,
- les prélèvements de faune aquatique, poissons et macrocrustacés et invertébrés benthiques pour les eaux de surface (prélèvement 1 fois/an à l'étiage, entre septembre et novembre).

Les mesures *in situ* portent sur 4 types de paramètres physico-chimiques que sont la conductivité, la température, l'oxygène dissous, le pH.

Historiquement, les protocoles ayant évolué, la fréquence de prélèvements pour analyses physico-chimiques et bactériologiques en laboratoire et la fréquence de mesures *in situ* ont varié de la manière suivante :

- 2 à 6 fois/an pour les cours d'eau,
- 2 à 4 fois/an pour les eaux souterraines,
- 2 à 4 fois par an pour les plans d'eau.

Cependant pour les eaux de surface, les méthodologies mises en œuvre ne permettent pas de bien connaître les pics de flux polluants pendant les crues où le lessivage des bassins versants est très important. Ces résultats ne peuvent donc donner qu'une image partielle de la qualité des eaux sur une année.

Concernant le suivi biologique des cours d'eau (poissons et macrocrustacés, invertébrés benthiques), le protocole est stabilisé depuis plusieurs années à 1 prélèvement annuel à l'étiage (entre septembre et novembre).

Pour les plans d'eau, seuls les invertébrés benthiques font l'objet de prélèvement 2 fois/an, 1 fois en fin de saison des pluies (avril ou mai) et 1 fois à l'étiage (octobre ou novembre).

II. 3. Les partenaires et intervenants

De 1992 à 2003, en partenariat technique et financier avec le Département, la Région, la DIREN, les ministères en charge de l'agriculture et de l'Outre-Mer, l'Observatoire réunionnais de l'eau gérait le réseau de suivi et mettait en œuvre sur le plan opérationnel les protocoles de suivi concernant la physico-chimie et la bactériologie ainsi que les invertébrés benthiques.

L'ARDA en partenariat avec le Département, la Région, la DIREN et l'ex-CSP est à l'origine du suivi piscicole des rivières réunionnaises dont elle a assuré la gestion jusqu'en 2007.

A partir d'août 2003, l'Office de l'eau a pris le relais en rendant opérationnel sa mission d'étude et de suivi des milieux aquatiques et littoraux et de leurs usages. Le suivi piscicole a ainsi été intégré dans ses missions pour la première fois en 2007.

Par ailleurs, les analyses en laboratoire des paramètres physico-chimiques sont confiées à des laboratoires locaux et métropolitains.

III. Stations retenues dans l'analyse et interprétation des résultats de la synthèse

Afin de réaliser cette synthèse, une sélection de données suffisamment régulières avec des chroniques complètes est nécessaire. Seules les stations bénéficiant d'un suivi régulier de plusieurs années sont retenues dans l'analyse. Il faut en effet comparer des données issues de campagnes de prélèvements semblables d'une année sur l'autre et qui ont fait notamment l'objet des mêmes types d'analyses en laboratoire. Seules des stations bénéficiant de chroniques de données régulières depuis au moins les 2 dernières années (2007 et 2008) sont retenues.

N.B : toutes les données utilisées pour cette synthèse sont rassemblées dans un CD Rom joint au présent document.

III. 1. Stations retenues pour les eaux de surface

La Ravine Saint-Gilles est la seule rivière pérenne de la région Ouest et elle fait l'objet d'un suivi régulier depuis 1995. Deux stations suivies régulièrement depuis le milieu des années 1990 sont conservées pour l'analyse :

- la Ravine Saint-Gilles au Verrou
- la Ravine Saint-Gilles à Saint-Gilles les bains (pont RN1)

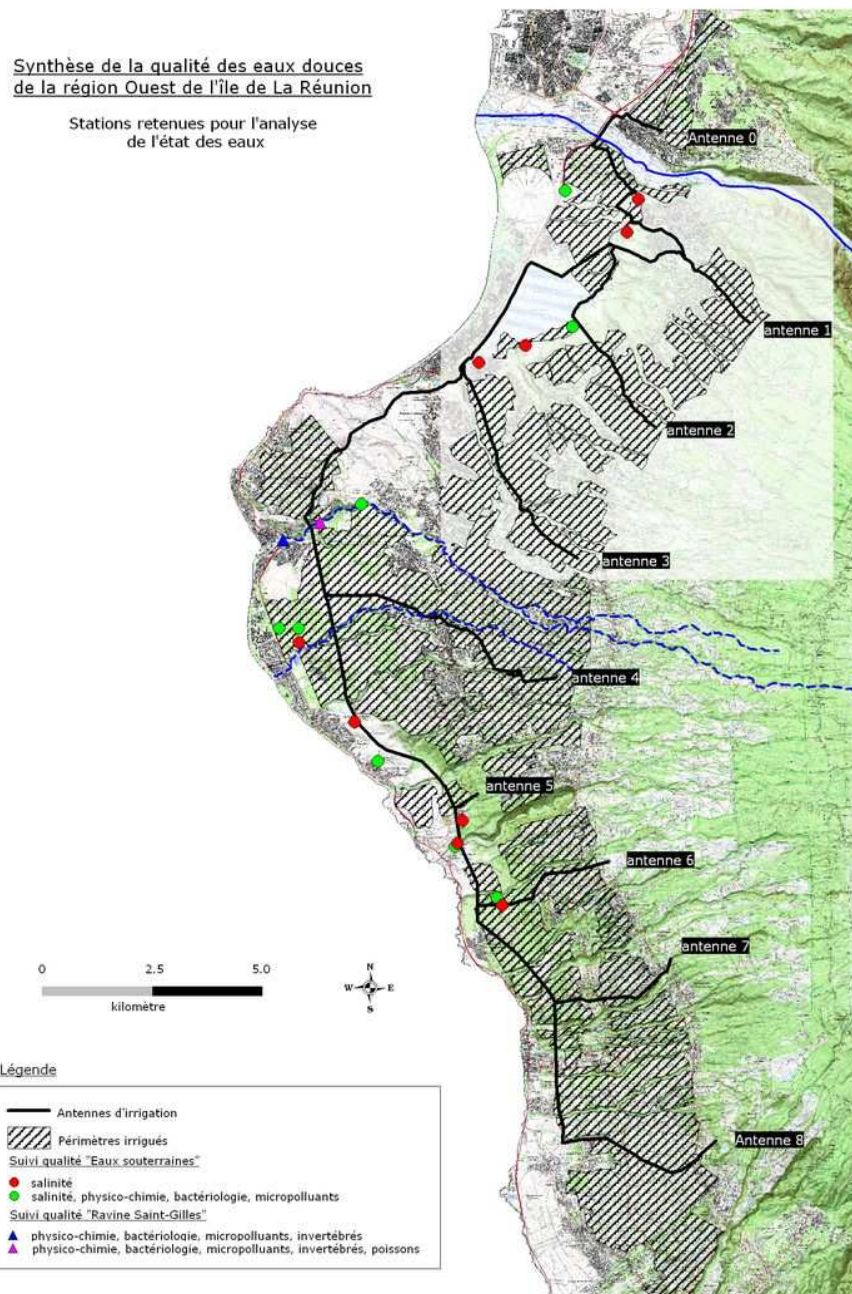
Bien que l'étang de Saint-Paul, situé en limite nord de la zone analysée, bénéficie d'un suivi régulier de la qualité des eaux depuis 1998, devant l'absence de véritables outils d'interprétation applicables à la Réunion il n'est pas retenu dans l'analyse. De même, la Ravine de l'Ermitage présentant des caractéristiques très particulières (faible surface en eau, écoulement temporaire en crue, faible linéaire) ne fait pas l'objet d'un traitement dans ce rapport.

III. 2. Stations retenues pour les eaux souterraines

17 stations sont retenues, soit au titre de la régularité des données de qualité physico-chimiques et bactériologique, soit au titre de la régularité des données de salinité. Elles permettent de couvrir les systèmes aquifères de La Plaine Saint-Paul, de la Ravine Saint-Gilles et de la côte Ouest (nappe dite de base et nappe supérieure dite des sables).

Tableau des stations retenues pour l'analyse

Commune	Milieux concernés	Intitulé stations	Code Station Office	Nature du suivi	Période du suivi
Saint-Paul	Aquifères Plaine Saint-Paul	Forage Oméga	12189	salinité, physico-chimie, bactériologie, micropolluants	1996 à 2007
Saint-Paul	Aquifères Plaine Saint-Paul	Forage Renaud	12270	salinité, physico-chimie, bactériologie, micropolluants	2001 à 2008
Saint-Paul	Aquifères Plaine Saint-Paul	Puits de la Grande Fontaine	16040	salinité	1992 à 2008
Saint-Paul	Aquifères Plaine Saint-Paul	Puits Bouillon	12146	salinité	1992 à 2008
Saint-Paul	Aquifères Plaine Saint-Paul	Forage FRH 16	12269	salinité	2002 à 2008
Saint-Paul	Aquifères Plaine Saint-Paul	Forage F5 bis Plaine Saint-Paul (3 chemins)	12089	salinité	1992 à 2008
Saint-Paul	Aquifères Ravine Saint-Gilles	Puits Bassin Malheur Ravine St Gilles	16049	salinité, physico-chimie, bactériologie, micropolluants	1993 à 2008
Saint-Paul	Aquifères Côte Ouest	Forage F1 Hermitage	15025	salinité, physico-chimie, bactériologie, micropolluants	1994 à 2008
Saint-Paul	Aquifères Côte Ouest	Piezo S6 Hermitage	15033	salinité, physico-chimie, bactériologie, micropolluants	1999 à 2004, 2008
Saint-Paul	Aquifères Côte Ouest	Forages F2 Montée Panon (Trou d'eau)	16056	salinité, physico-chimie, bactériologie, micropolluants	1998 à 2008
Saint-Paul	Aquifères Côte Ouest	Forage FRH 9	15055	salinité	2006 à 2008
Saint-Paul	Aquifères Côte Ouest	Forage FRH 5	98137	salinité	2006 à 2008
Trois-Bassins	Aquifères Côte Ouest	Puits St Leu Grande Ravine (rive gauche)	16070	salinité, physico-chimie, bactériologie, micropolluants	1992 à 2008
Trois-Bassins	Aquifères Côte Ouest	Puits de la Grande Ravine (rive droite)	16036	salinité	1992 à 2008
Trois-Bassins	Aquifères Côte Ouest	Forage F6 le Blanchard	16083	salinité	1998 à 2008
Saint-Leu	Aquifères Côte Ouest	Forage Petite Ravine	16053	salinité, physico-chimie, bactériologie, micropolluants	1992 à 2008
Saint-Leu	Aquifères Côte Ouest	Forage Fond Petit Louis	16078	salinité	1992 à 2008
Saint-Paul	Cours d'eau	Ravine Saint Gilles au pont RN1	15034	physico-chimie, bactériologie, micropolluants, invertébrés	1998 à 2008
Saint-Paul	Cours d'eau	Ravine St Gilles au verrou	15035	physico-chimie, bactériologie, micropolluants, invertébrés, poissons	1996 à 2008



III. 3. Interprétation des résultats de la synthèse

✓ Pour la Ravine Saint-Gilles

➔ physico-chimie, bactériologie et micropolluants

Les résultats concernant les données macropolluants sont présentés pour chaque année de suivi sur les deux stations de la ravine ayant fait l'objet d'au moins 4 analyses annuelles.

Ces données sont interprétées avec la version 1 du SEQ Eau (Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux des cours d'eau, cf. Annexe 2).

Ce système permet d'intégrer l'ensemble des résultats obtenus sur chaque station. Il est fondé sur deux grandes notions :

- l'altération (sorte de grand indicateur) qui regroupe les paramètres physico-chimiques ayant les mêmes effets sur la qualité des eaux ou la même nature,
- l'aptitude aux fonctions biologiques et aux usages.

Le SEQ-Eau donne ensuite pour chaque altération :

- une classe de qualité de l'eau selon 5 classes représentées par 5 couleurs : très bonne (bleu), bonne (vert), passable (jaune), mauvaise (orange), très mauvaise (rouge). La

classe très bonne de référence permet la vie aquatique, la production d'eau potable après simple désinfection et les loisirs et sports aquatiques. La classe rouge ne permet plus au moins de satisfaire un de ces deux usages ou de maintenir les équilibres biologiques.

- une classe d'aptitude aux fonctions et aux usages selon le même principe d'évaluation.

6 altérations, considérées comme pertinentes dans le contexte spécifique de La Réunion, sont retenues pour l'analyse :

- les micro-organismes
- les particules en suspension
- les matières organiques et oxydables
- les matières azotées (hors nitrates)
- les matières phosphorées
- les nitrates

Ces altérations représentent les indicateurs généraux de pollution.

Les résultats concernant les micropolluants (pesticides, métaux et hydrocarbures) sont examinés au regard des normes en vigueur. Ils ne sont pas interprétés avec le SEQ Eau qui intègre beaucoup plus de substances.

En complément, une analyse portant sur les moyennes annuelles des paramètres constituant ces altérations est menée afin de mettre en évidence d'éventuelles tendances par rapport à une année de référence choisie sur la base d'une bonne représentativité des données (au moins 4 données pour l'année de référence).

→ biologie

Les outils standards les plus utilisés afin de caractériser la qualité biologique d'un cours d'eau sont les indices biologiques. Il n'y a pas à la Réunion de possibilité d'appliquer les indices français existants tels que l'IBGN pour les invertébrés (Indice biologique global normalisé) ou l'IPR pour les poissons (Indice poissons rivières). D'autres méthodes d'interprétation des données sont développées localement et ne sont pas au même stade de développement selon qu'il s'agit des invertébrés ou des poissons.

- invertébrés benthiques

Les résultats obtenus sur la Ravine Saint-Gilles durant la saison d'étiage seront interprétés essentiellement au regard de la diversité des peuplements (d'après des classes de variété définies localement), de l'abondance totale, et de la dominance de certains taxons pour chaque année. Il s'agit avant tout d'une approche descriptive des peuplements.

- poissons et macrocrustacés

L'analyse des peuplements piscicoles porte sur la richesse spécifique (nombre d'espèces), la densité des peuplements et des principales populations.

En complément, une méthode d'évaluation de la qualité des peuplements est développée depuis quelques années par l'ARDA et le CNRS. Elle s'appuie sur 5 paramètres descripteurs :

- densité en *Sicyopterus lagocephalus* (Cabot bouche ronde) comme indicateur de l'abondance du peuplement de poissons
- densité en *Cotylopus acutipinis* (Cabot bouche ronde) comme indicateur patrimonial
- présence d'espèces de poissons accompagnatrices comme indicateur du niveau de fonctionnement du milieu
- densité en *Macrobrachium australe* (Chevrette) et *Atyoida serrata* (Chevaquine) comme indicateur de l'abondance du peuplement de macrocrustacés
- nombre d'espèces de macrocrustacés comme indicateur du niveau de fonctionnement du milieu

Chaque paramètre fait l'objet d'une note d'évaluation selon une grille de notation définie pour La Réunion et qui intègre une zonation longitudinale des rivières. Une note de qualité globale des peuplements est ensuite établie à partir de la somme des notes de chaque paramètre (cf. Annexe 3).

La note de chaque paramètre n'est pas une note absolue de qualité mais elle traduit un état et une évolution relatifs des peuplements. De même, la note de qualité globale n'est pas un indice de qualité, elle synthétise l'état observé.

Il est important de souligner que cet outil d'évaluation de la qualité piscicole est encore en cours de développement et constitue donc une version provisoire.

✓ Pour les eaux souterraines

Ces données sont interprétées à l'aide d'un système de classes définies localement pour les paramètres nitrates et chlorures, à partir des moyennes annuelles et avec les classes de qualité de la version 0 du SEQ Eaux souterraines (Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux souterraines, cf. Annexe 4) pour les paramètres turbidité, carbone organique dissous et bactéries.

Ces paramètres et altérations représentent les indicateurs généraux de pollution pertinents à la Réunion. En complément, une analyse portant sur les moyennes annuelles de ces paramètres est menée afin de mettre en évidence d'éventuelles tendances.

Les résultats obtenus sur les pesticides feront l'objet d'une interprétation au regard des normes en vigueur.

DEUXIEME PARTIE : synthèse des résultats pour la Ravine Saint-Gilles

I. Principaux éléments indicateurs de contamination

A l'exception des pesticides, les interprétations sont donc réalisées à l'aide des classes de qualité du SEQ Eau (en grisé, les classes de qualité non caractérisées en raison de lacunes de données).

I. 1. Les nitrates et les matières azotées

✓ Les nitrates

Dans le SEQ Eau, les nitrates sont une altération à part entière.

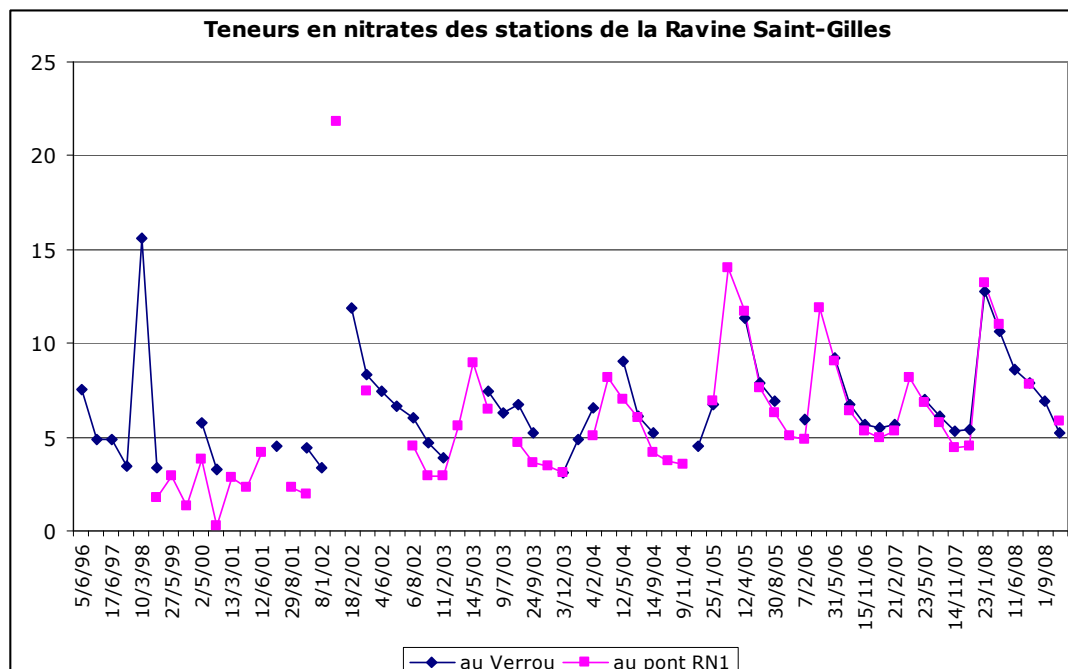
Sur les 7 années où l'application du classement SEQ Eau est possible (au moins 4 analyses annuelles), il ressort assez clairement une dégradation de la qualité de l'eau par cette substance avec 4 années sur 7 où la qualité est passable.

Classe de qualité SEQ Eau cours d'eau (V1) Altération Nitrates

Intitulé stations	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ravine Saint Gilles au pont RN1							
Ravine St Gilles au verrou							

Concernant les évolutions intra-annuelles, les concentrations sont comprises entre 2 mg/l et 21 mg/l. Une augmentation très nette des concentrations est observée à chaque saison des pluies. En période d'étiage, la qualité des eaux de la ravine est très certainement bien tamponnée par les eaux souterraines qui l'alimentent en grande partie pendant cette période et expliquerait le plateau autour des 5 mg/l.

Bien que nous ayons des données plus fragmentées avant 2002 et après avoir diminué entre 2002 et 2003, une tendance à la hausse des nitrates semble se dégager depuis cette période. La Ravine Saint-Gilles est la seule rivière de l'île montrant ces signes de contamination par les nitrates.



✓ Les matières azotées

L'azote Kjeldhal, les nitrites et l'ammonium sont pris en compte dans la qualification de cette altération. La situation vis-à-vis de cette altération est globalement bonne avec des classes de qualité très bonne à bonne à l'exception de l'année 2008 pour la station du Verrou.

Classe de qualité SEQ Eau cours d'eau (V1) Altération Matières azotées

Intitulé stations	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ravine Saint Gilles au pont RN1							
Ravine St Gilles au verrou							

I. 2. Les matières phosphorées

Le phosphore total et les phosphates caractérisent cette altération qui révèle également une situation favorable sur la période considérée avec des classes de qualité bonne toutes les années pour les deux stations.

Classe de qualité SEQ Eau cours d'eau (V1) Altération Matières phosphorées

Intitulé stations	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ravine Saint Gilles au pont RN1							
Ravine St Gilles au verrou							

I. 3. Les matières organiques

Cette altération intègre plusieurs paramètres qui permettent de quantifier la charge organique et ses effets. Bien que la caractérisation à l'aide du SEQ Eau n'ait pas été possible chaque année, la situation semble demeurée favorable.

Classe de qualité SEQ Eau cours d'eau (V1) Altération Matières organiques et oxydables

Intitulé stations	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ravine Saint Gilles au pont RN1							
Ravine St Gilles au verrou							

I. 4. Les particules en suspension

Cette altération s'exprime à l'aide des paramètres matières en suspension et turbidité. L'analyse ne met donc pas en évidence de présence particulière de charges solides, les classes de qualité restant très bonne 6 années sur 7.

Classe de qualité SEQ Eau cours d'eau (V1) Altération Particules en suspension

Intitulé stations	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ravine Saint Gilles au pont RN1							
Ravine St Gilles au verrou							

I. 5. Les bactéries

Sont pris en compte dans cette altération deux types de bactéries (Escherichia coli et Entérocoques) présentes dans les intestins des animaux à sang chaud.

L'analyse au SEQ Eau des données montre très clairement une situation particulièrement dégradée par des apports réguliers de matières fécales dans cette ravine. Leur origine est à rechercher dans les réseaux et ouvrages d'assainissement (collectifs et individuels), les activités agricoles (rejets d'effluents d'élevage, épandage et stockage de lisiers et fumiers).

Classe de qualité SEQ Eau cours d'eau (V1) Altération Micro-organismes

Intitulé stations	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ravine Saint Gilles au pont RN1							
Ravine St Gilles au verrou							

I. 6. Les pesticides

La Ravine Saint-Gilles au niveau du pont de la RN 1 a donc fait l'objet d'un suivi régulier des pesticides depuis 1999.

Sur 30 opérations de prélèvements, 2 molécules ont été mises en évidence, chacune 1 seule fois.

Il s'agit :

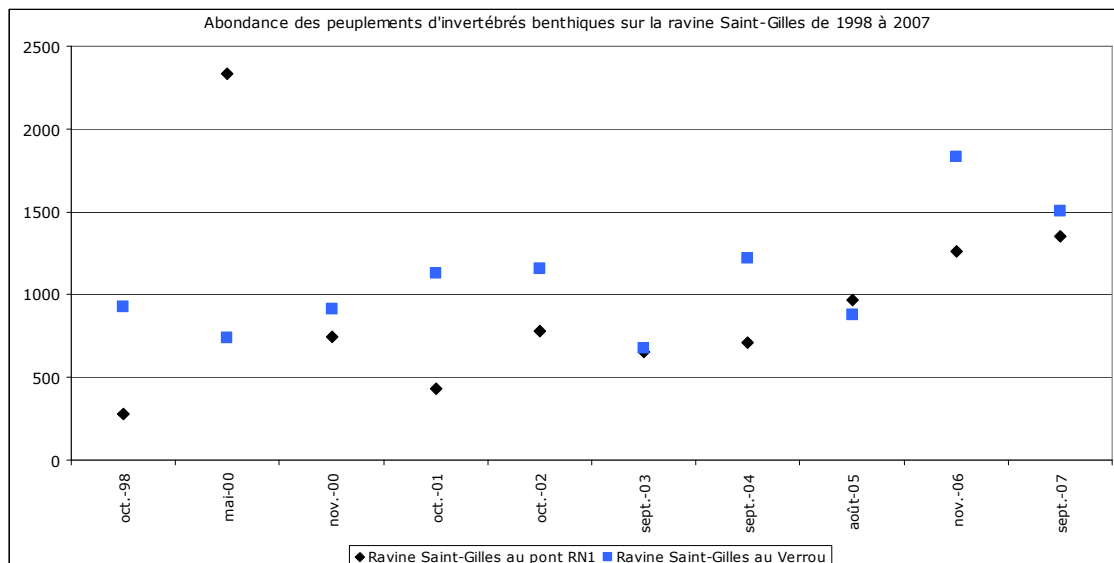
- de chlorpyrifos-éthyl quantifié à 0,04 µg/l le 3 octobre 2001 (substance active insecticide de la famille des organo-phosphorés, usage autorisé sur un certain nombre de cultures fruitières et légumières, en traitement des sols)
- de glyphosate quantifié à 0,34 µg/l le 2 juin 2008 (substance active herbicide de la famille des acides organiques, usage autorisé en désherbage total sur de nombreuses cultures, voiries, jardins individuels).

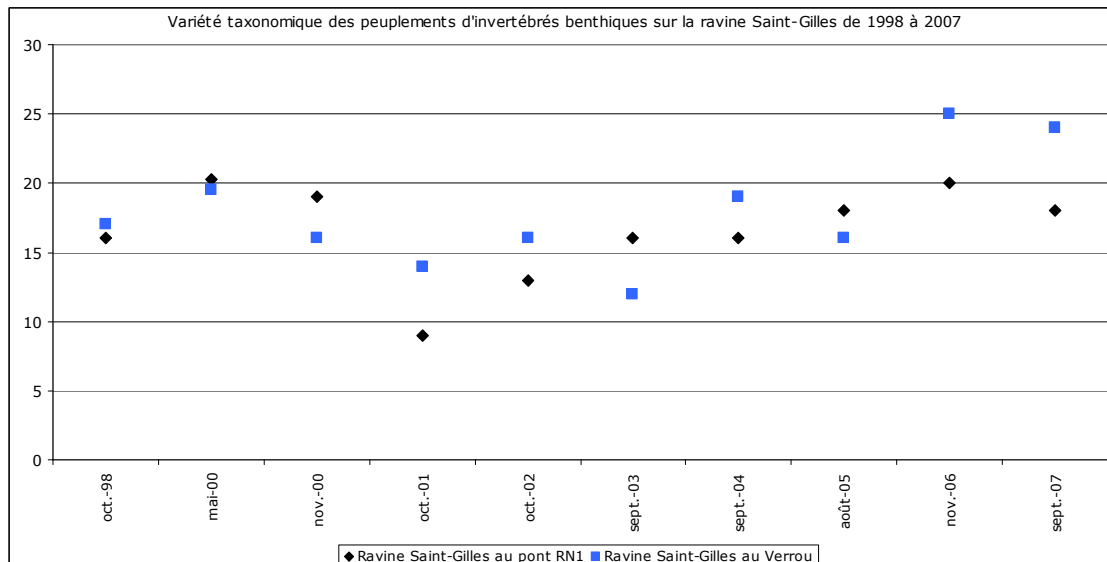
Avec deux détections sur 30 opérations de prélèvements (soit un taux de détection de 7%), en dehors des épisodes de crues qui peuvent concentrer les flux polluants, la ravine Saint-Gilles ne présente pas de contamination majeure aux pesticides.

II. La biologie

II. 1. Macroinvertébrés

Les résultats présentés dans ce paragraphe sont issus d'une analyse des données du suivi invertébrés réalisé sur la Ravine Saint-Gilles depuis 1996 ainsi que du rapport 2008 ARDA-CNRS "Recherche méthodologique en vue de l'élaboration d'outils de bioévaluation de la qualité écologique des milieux aquatiques de La Réunion".





La Ravine Saint-Gilles présente une des plus grandes variété taxonomique (ou richesse taxonomique) observée à La Réunion. Sur les 2 stations suivies, 54 taxons différents ont été observés (49 pour la station amont du Verrou, 41 pour la station aval).

Les peuplements des 2 stations sont dominés par 4 taxons : 2 insectes diptères de la famille des chironomes (*Orthocladiinae*) et des simulies, 1 insecte trichoptère du genre *Hydroptila*, 1 mollusque gastéropode (*Plotia datura*). Cependant, il y a une assez nette différence entre l'amont et l'aval.

La Ravine Saint-Gilles au Verrou (amont) présente, par ordre décroissant d'abondance moyenne, les dominances suivantes :

- 1) l'insecte chironome,
- 2) l'insecte trichoptère (*Hydroptila*),
- 3) le mollusque gastéropode (*Plotia datura*),
- 4) l'insecte similie.

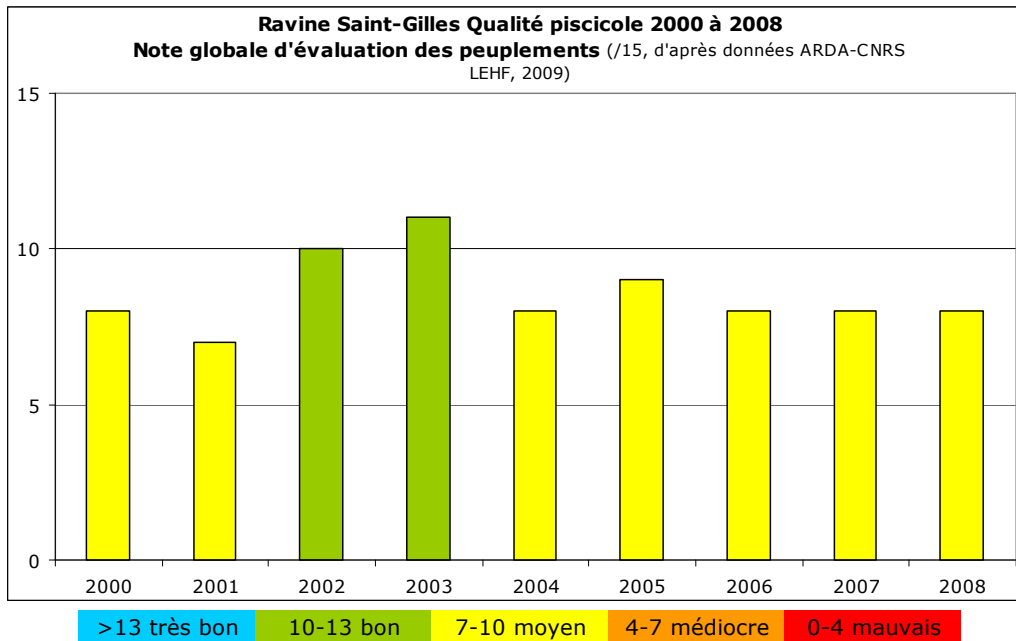
La Ravine Saint-Gilles au pont RN1 (aval) présente, par ordre décroissant d'abondance moyenne, les dominances suivantes :

- 1) le mollusque gastéropode (*Plotia datura*),
- 2) l'insecte chironome,
- 3) l'insecte similie,
- 4) l'insecte trichoptère (*Hydroptila*).

Ces observations mettent en exergue une assez grande variabilité spatiale et temporelle.

II. 2. Poissons et macrocrustacés

Les résultats présentés dans ce paragraphe sont tirés des données communiquées par l'ARDA et extraits du rapport ARDA "Synthèse du réseau piscicole de La Réunion en 2007 – Synthèse des résultats d'échantillonnages réalisés de 2000 à 2007" (cf. Annexe 1).



Les densités en "Cabot bouche ronde" sont relativement faibles pour la période considérée, parmi les plus basses observées dans les rivières. De même, la richesse en espèces accompagnatrices demeure faible. En revanche, la densité et la richesse en macrocrustacés sont plutôt élevées et parmi les plus hautes observées dans les rivières.

Sur les 9 années de suivis, la qualité globale est déclassée 7 années. Elle est bonne en 2002 et 2003. Les paramètres macrocrustacés (richesse et densité) stabilisent cette qualité et limitent son déclassement. Cette qualité globale se situe dans la moyenne de celle observée sur les rivières de même typologie au regard des peuplements de poissons telles que les rivières Saint-Denis et des Galets. Il n'y a pas d'évolution significative observée sur cette période.

TROISIEME PARTIE : SYNTHESE DES RESULTATS POUR LES EAUX SOUTERRAINES

I. Principaux éléments indicateurs de contamination

Les résultats sont interprétés à l'aide d'un système de classes définies localement pour les paramètres nitrates et chlorures, à partir des moyennes annuelles comparées aux classes de qualité de la version 0 du SEQ Eaux souterraines (Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux souterraines) pour les paramètres turbidité et carbone organique dissous.

Les résultats obtenus sur les pesticides font l'objet d'une interprétation au regard de la norme en vigueur pour l'eau potable (0,1 µg/l).

A l'exception de la salinité qui est un paramètre très pertinent à prendre en compte pour les aquifères littoraux, ces autres paramètres sont les équivalents des altérations choisies pour la Ravine Saint-Gilles.

I. 1. La salinité (teneurs en chlorures)

L'observation des évolutions des teneurs moyennes annuelles en chlorures fait ressortir les points suivants :

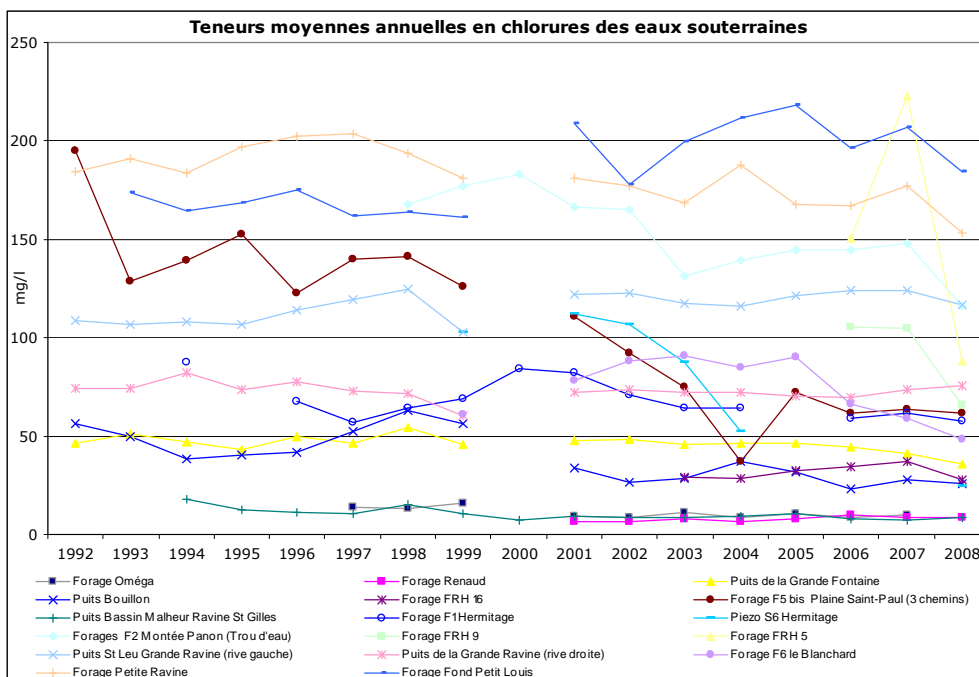
- certains forages montrent une assez grande variabilité certainement liée aux modalités de prélèvements et à leur répartition dans l'année et d'une année sur l'autre,
- d'autres révèlent une relative stabilité.

Plus dans le détail, les résultats permettent de regrouper les forages en 5 catégories :

- 1). ceux à teneurs moyennes régulièrement comprises entre 150 et 200 mg/l voire supérieure. Il s'agit des forages Fond Petit Louis et Petite Ravine sur la commune de Saint-Leu dans le secteur de la Pointe des Châteaux,
- 2). 1 forage, Puits de la Grande Ravine en rive gauche, dont les teneurs moyennes annuelles se situent entre 100 et 150 mg/l,
- 3). 3 forages (F6 Le Blanchard, Puits de la Grande Ravine en rive droite, F1 Ermitage) sur les communes de Trois-Bassins et Saint-Paul dont les concentrations sont comprises entre 50 et 100 mg/l,
- 4). 6 forages ayant des teneurs moyennes annuelles inférieures à 50 mg/l. Ces forages sont pour la plupart répartis sur le secteur du Tour des Roches et de Savannah ainsi que sur la Ravine Saint-Gilles,
- 5). 4 forages, situés sur la commune de Saint-Paul, qui ont montré une baisse significative des teneurs en chlorures depuis le début du suivi. Il s'agit des forages :
 - F2 Montée Panon dont les concentrations étaient comprises entre 160 et 180 mg/l entre 1998 et 2002 et passent entre 110 et 150 mg/l depuis 2003,
 - FRH9 qui révèle des teneurs proches de 105 mg/l en 2006 et 2007 au début des mesures, teneur moyenne qui baisse à 65 mg/l en 2008,
 - FRH5 qui a connu des teneurs moyennes de 150 mg/l en 2006 et 222 mg/l en 2007 et qui atteint les 88 mg/l en 2008,
 - F5 Plaine Saint-Paul qui a des teneurs comprises entre 120 et 150 mg/l dans les années 90, teneurs comprises entre 36 et 75 mg/l depuis 2003.

Ces observations permettent de distinguer 3 secteurs de nappes montrant un degré de salinisation variable :

- le secteur de la Pointe des Châteaux à Saint-Leu très sensible au phénomène de salinisation,
- le secteur s'étalant de la Grande Ravine à La Saline-Ermitage sur Trois-Bassins et Saint-Paul moyennement touché par le sel mais qui peut présenter selon les quantités d'eau prélevées une sensibilité accrue au sel comme l'atteste les évolutions de ces dernières années sur certains forages et leurs variations intra-annuelles,
- le secteur du Tour des Roches-Savannah à Saint-Paul qui est aujourd'hui peu concerné par une salinisation mais qui localement peut être très sensible comme le montrent les teneurs passées de certains forages.



Evolution des teneurs moyennes annuelles en chlorures des stations Eaux souterraines

Intitulé stations	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Forage Oméga						14,21	13,07	16,11									
Forage Renaud										6,33	6,95	8,27	6,34	8,00	10,05	8,35	8,91
Puits de la Grande Fontaine	46,15	51,01	47,03	43,41	49,70	46,13	54,52	45,94		47,90	48,13	46,01	46,26	46,47	44,25	41,05	35,78
Puits Bouillon	56,21	49,59	38,61	40,36	41,73	52,35	62,70	56,66		33,67	26,48	28,68	36,96	31,85	23,08	28,13	25,90
Forage FRH 16												28,98	28,81	32,53	34,81	36,83	27,58
Forage F5 bis Plaine Saint-Paul (3 chemins)	195,17	128,69	139,34	152,65	122,48	139,78	141,54	125,97		110,93	92,38	74,93	36,92	72,59	61,48	63,53	61,38
Puits Bassin Malheur Ravine St Gilles			18,21	12,85	11,10	10,63	15,01	10,94	7,08	9,25	8,82	8,86	9,14	10,35	8,27	7,60	8,73
Forage F1 Hermitage			87,42		67,48	56,79	64,01	68,74	84,06	82,40	71,20	64,13	64,17		59,27	61,70	57,43
Piezo S6 Hermitage								102,50		111,95	107,02	87,78	52,42				24,33
Forages F2 Montée Panon (Trou d'eau)							168,01	176,94	182,97	166,30	165,13	131,11	138,97	144,29	144,55	148,00	116,02
Forage FRH 9															105,20	104,80	65,33
Forage FRH 5															150,36	222,73	87,93
Puits St Leu Grande Ravine (rive gauche)	108,87	106,50	108,26	106,50	114,05	119,36	124,41	103,03		121,72	122,70	117,60	116,04	121,07	124,09	123,75	116,72
Puits de la Grande Ravine (rive droite)	74,55	74,11	82,54	73,66	77,66	73,21	71,53	60,50		72,40	73,69	72,12	72,42	70,41	69,50	73,38	75,80
Forage F6 le Blanchard							60,68			78,30	88,15	90,76	84,63	90,33	66,11	58,98	48,17
Forage Petite Ravine	184,62	191,23	183,71	197,03	202,38	203,25	193,59	181,01		181,20	177,09	168,21	187,57	167,90	167,18	177,00	153,29
Forage Fond Petit Louis		173,95	164,63	168,18	174,84	161,49	163,73	161,11		208,87	177,77	199,40	211,22	218,06	196,22	206,88	184,20

0- <50mg/l 50- <100 mg/l 100- <150mg/l 150- <200mg/l >200mg/l

Les secteurs de nappes présentant des concentrations dépassant les 100-150 mg/l sont certainement naturellement salés, les prélèvements d'eau ne peuvent qu'accroître cette tendance à la salinisation.

Par ailleurs, dans certaines conditions hydrogéologiques, de profondeur de forage et de pompage, de modalités d'exploitation, cette salinisation paraît en partie réversible comme le montrent les évolutions observées par exemple sur les forages de Montée Panon et de F5 bis Plaine Saint-Paul.

I. 2. Les nitrates

L'observation des évolutions des teneurs moyennes en nitrates fait ressortir plusieurs situations et tendances.

Trois forages dont 2 situés dans le secteur de la Grande Ravine et de la Pointe des Châteaux et 1 au Tour des Roches présentent de faibles teneurs en nitrates (inférieures à 5 mg/l) sans tendance particulière.

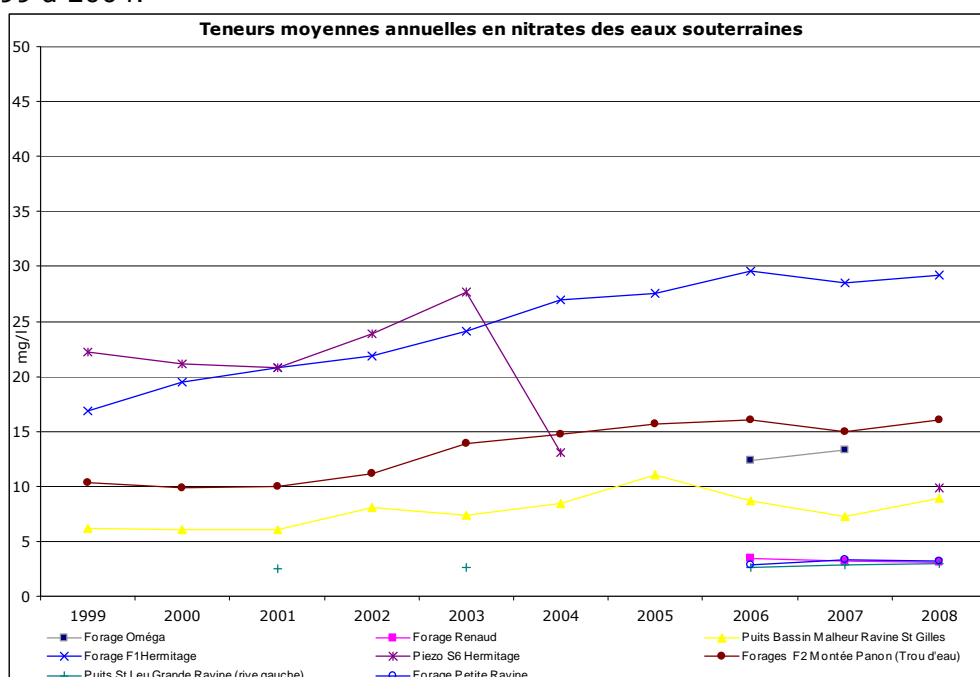
Deux forages se distinguent nettement par une augmentation continue des concentrations depuis 1999-2000 et des teneurs actuellement élevées (supérieures à 25 mg/l) dans le contexte réunionnais :

- le F1 Ermitage part d'une concentration proche des 17 mg/l en 1999 et atteint 29 mg/l en 2008 soit une hausse de 70% en 10 ans,

- le F2 Montée Panon part d'une concentration de 10 mg/l et atteint 16 mg/l en 2008 soit 60% de hausse.

2 autres forages, Puits du Bassin Malheur sur la Ravine Saint-Gilles et Oméga sur Savannah, sont dans une situation intermédiaire. Le puits Bassin Malheur présente une contamination aux nitrates en augmentation depuis 2001 de près de 50%. Quant au forage Oméga, suite à son arrêt depuis fin 2007, nous ne disposons que de 2 années de mesure qui marquent également une augmentation de la teneur moyenne annuelle entre 2006 (12,3 mg/l) et 2007 (13,3 mg/l).

Les eaux souterraines des secteurs de la Saline-Ermitage et dans une moindre mesure de Saint-Gilles et de Savannah sont donc clairement contaminées par des apports azotés, contrairement aux eaux situées plus au sud jusqu'à Saint-Leu. Cette situation avait été mise en évidence dans les résultats du "point 0" et confirmait dans la synthèse réalisée sur les années 1999 à 2004.



Evolution des teneurs moyennes annuelles en nitrates des stations Eaux souterraines

Intitulé stations	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Forage Oméga								12,32	13,35	
Forage Renaud								3,50	3,17	3,04
Puits Bassin Malheur Ravine St Gilles	6,21	6,11	6,08	8,07	7,40	8,47	11,02	8,62	7,22	8,86
Forage F1 Hermitage	16,85	19,50	20,75	21,88	24,06	27,01	27,60	29,60	28,45	29,24
Piezo S6 Hermitage	22,15	21,10	20,77	23,87	27,70	13,04				9,86
Forages F2 Montée Panon (Trou d'eau)	10,30	9,90	10,02	11,20	13,90	14,74	15,68	16,06	14,92	16,02
Puits St Leu Grande Ravine (rive gauche)			2,55		2,59			2,65	2,80	2,91
Forage Petite Ravine								2,90	3,30	3,16

0- <5mg/l 5- <10 mg/l 10- <15mg/l 15- <25mg/l >25mg/l

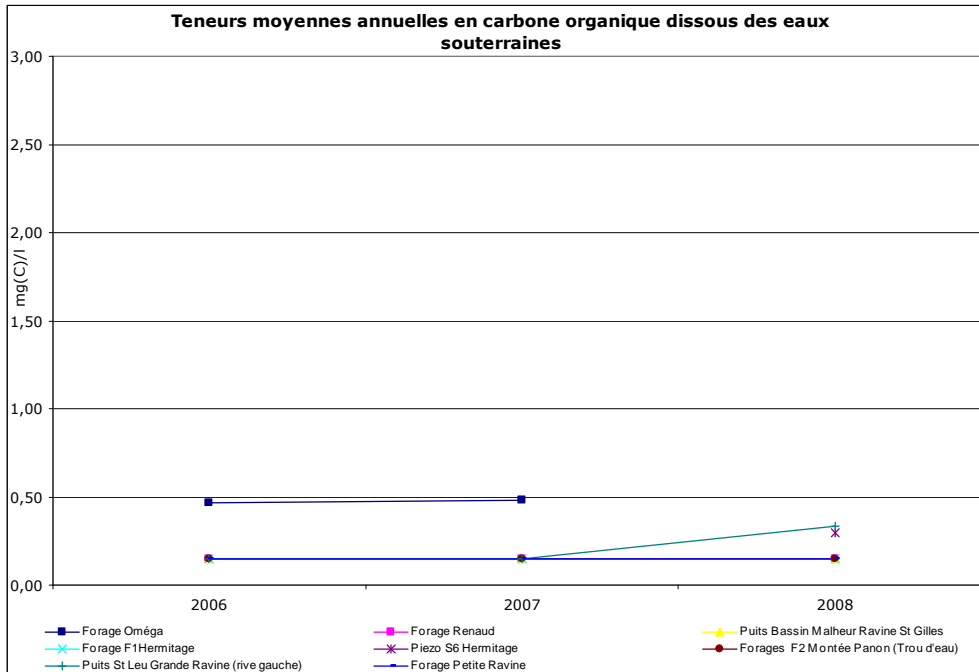
N.B : pour les eaux souterraines également, l'ammonium et les nitrites caractérisent une composante de la qualité. Ces paramètres font l'objet d'un suivi au même titre que les nitrates mais les données ainsi récoltées ne révèlent aucun signe de contamination. Elles ne sont pas présentées car la grande majorité des résultats analytiques restent sous le seuil de quantification du laboratoire et révèlent donc des teneurs très faibles.

Ce commentaire est aussi valable pour les phosphates.

Le paragraphe II ci-après apporte des éléments sur l'origine des nitrates d'après une étude récente réalisée par le BRGM avec le soutien du Département et de la DIREN.

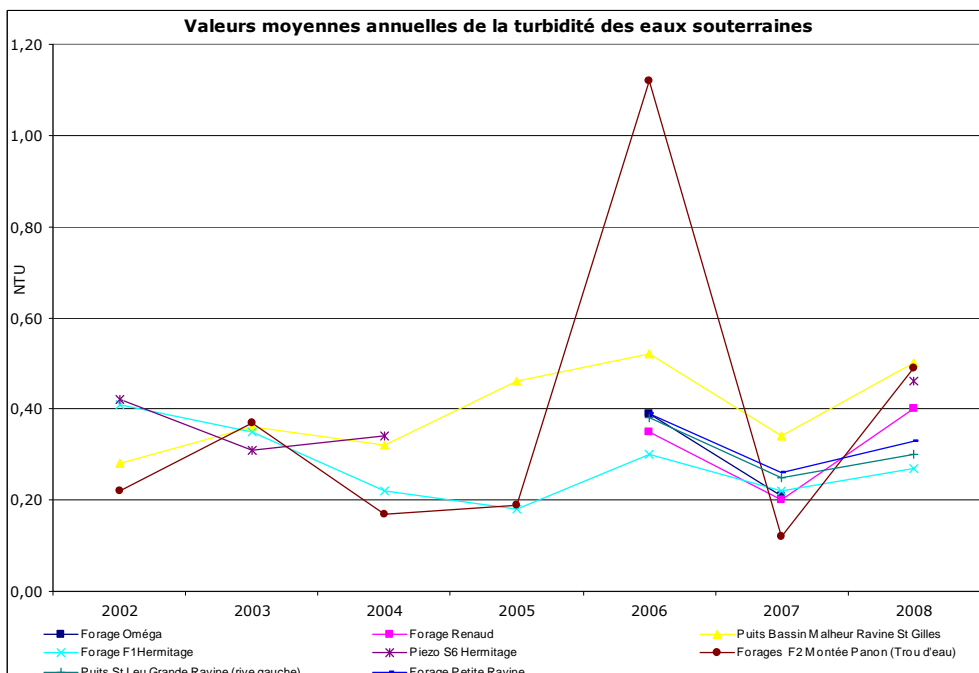
I. 3. Le carbone organique dissous

Ces résultats (toutes les moyennes sont inférieures à 0,5 mg(C)/l) mettent en évidence la très faible présence de matières organiques dans les eaux souterraines qui sont donc bien protégées pour l'instant de ce type d'apports.



I. 4. La turbidité

Ces valeurs de turbidité toutes inférieures à 1,2 NTU (limite de classe de qualité bonne à moyenne dans le SEQ Eaux souterraines) ne révèlent pas de contamination particulière en matière en suspension et confirment bien une très faible vulnérabilité de ces forages à ce type d'apports.



I. 5. Les pesticides

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats portant sur les analyses de pesticides obtenus sur au moins 2 années.

Tableau de synthèse des mesures de pesticides des eaux souterraines

Nom des forages	Nombre de détection	Substances détectées entre () nombre de détection par substances	Concentrations mesurées (µg/l)	Nombre total d'opérations de prélèvements entre () nombre total d'analyses
Forage Oméga	5	atrazine déséthyl (5)	0,17 - 0,14 - 0,18 - 0,04 - 0,12	6 (172)
Forage Renaud	1	atrazine déséthyl (1)	0,02	10 (446)
Puits Bassin Malheur Ravine St Gilles	1	Aminotriazole (1)	0,13	24 (602)
Forage F1 Hermitage	3	atrazine déséthyl (3)	0,09 – traces (2 fois)	25 (632)
Piezo S6 Hermitage	aucune	sans objet	sans objet	16 (402)
Forages F2 Montée Panon (Trou d'eau)	aucune	sans objet	sans objet	23 (590)
Puits St Leu Grande Ravine (rive gauche)	aucune	sans objet	sans objet	11 (458)
Forage Petite Ravine	aucune	sans objet	sans objet	10 (446)

Le forage le plus touché par une contamination aux pesticides est le forage Oméga, situé à Savannah. En effet, il présente une présence de pesticides à 5 reprises sur 6 opérations de prélèvements entre 2006 et 2008. Seule l'atrazine déséthyl est quantifiée dont 4 fois avec des concentrations supérieures à la norme de 0,1 µg/l. Cette substance est un produit de dégradation de l'atrazine, substance herbicide de la famille des triazines, interdite d'utilisation depuis septembre 2003. Elle était principalement utilisée en désherbage des cultures, notamment sur la canne à sucre.

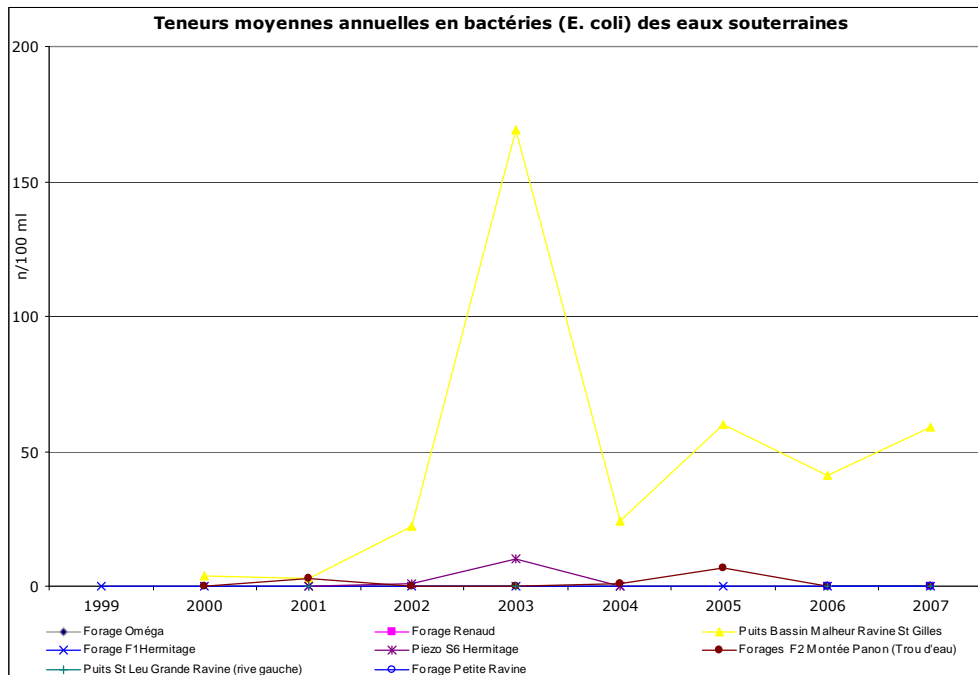
Le forage F1 Ermitage présente 3 détections d'atrazine déséthyl, ce qui reste faible au regard des 25 opérations de prélèvements effectuées depuis 1999. Néanmoins, ces détections ont toutes 3 été mises en évidence en une seule année et sur 7 opérations de prélèvements réalisées entre novembre 2007 et novembre 2008.

Deux autres forages, Puits Bassin Malheur et forage Renaud, révèlent de manière très sporadique une présence de pesticides (1 seule détection). Il s'agit pour le puits Bassin Malheur d'aminotriazole (substance active herbicide, usage autorisée notamment en cultures fruitières et en traitements généraux) et pour le forage Renaud d'atrazine déséthyl.

Les autres forages suivis (Montée Panon, Puits St Leu Grande Ravine, Petite Ravine), situés plus au sud, entre Montée Panon et Saint-Leu ne montrent pas de mise en évidence de pesticides depuis le début des mesures (respectivement 1999, 2003 et 2006).

I. 6. Les bactéries

Comme le montre le graphique ci-après, les eaux souterraines sont quasi-exemptes de contamination bactérienne. Seul le forage "Puits Bassin Malheur" dans la nappe de la Ravine Saint-Gilles révèle une contamination probablement liée à des mélanges avec des eaux parasites de surface.



II. Eléments sur l'origine des nitrates

Ce paragraphe présente de manière synthétique les éléments du rapport réalisé par le BRGM intitulé "Approche hydrogéochimique pour la détermination de l'origine de la contamination des eaux souterraines de l'Antenne 4 – phase 2" d'août 2007.

Cette étude était destinée à comprendre la dynamique et l'acquisition de la minéralisation des eaux et plus particulièrement de leurs teneurs en nitrates. Elle décline la volonté du Département d'acquérir des connaissances nécessaires à la meilleure gestion des aménagements du projet d'irrigation du littoral Ouest (ILO).

Elle s'est appuyée sur deux approches complémentaires, la première d'hydrochimie classique, la deuxième en utilisant les isotopes de l'azote, du bore et de l'eau. Elles ont permis d'identifier plus ou moins précisément les sources de contamination des eaux (de surface et souterraines) ainsi que de compléter la compréhension de l'hydrogéologie (recharge, temps de circulation ...) des systèmes aquifères de ce secteur.

Les constats suivants ressortent de l'analyse des résultats :

- il y a une contamination des eaux superficielles et des nappes phréatiques par des eaux usées domestiques qui est localisée dans le secteur de l'Ermitage-les-Bains ce qui relève des défaillances des systèmes et ouvrages d'assainissement,
- les nitrates mis en évidence dans les autres forages exploitant la nappe côtière plus profonde du côté de La Saline les Bains et de L'Ermitage les Bains (F1 Ermitage, FRH9, P6 Ermitage et S6 Ermitage) trouvent majoritairement leur origine dans les apports organiques agricoles (épandages de fertilisants organiques type lisiers, rejets d'effluents d'élevage),
- les autres eaux souterraines de la Ravine Saint-Gilles et du secteur de Montée Panon qui sont moins contaminées par les nitrates et seraient plutôt influencées par des sources mixtes, agricoles et domestiques.

CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

En s'intéressant à la qualité des eaux d'un périmètre s'étendant de Savannah/Saint-Paul à Saint-Leu, ce document a pour vocation de dresser un état de cette qualité et de son évolution, d'identifier les principales tendances observées depuis presque 10 ans.

Les principaux constats établis par l'étude intitulée "Etat de référence qualitatif des eaux du littoral Ouest 1999 et 2000" ou "point Zéro" qui avaient notamment permis de mettre en évidence un certain degré de contamination par les nitrates des eaux souterraines du secteur de La Saline-les-Bains et l'Ermitage-les-Bains sont confirmés. Une tendance à la hausse des teneurs en nitrates est clairement visible sur ce même secteur.

D'après de récents travaux du BRGM basés sur des analyses hydrochimiques couplées à des analyses isotopiques de l'azote et du Bore, cette dégradation est imputable à des apports d'azote organique, par épandage de fertilisants de type lisiers et probablement aussi par des rejets d'effluents d'élevage.

Ce secteur est donc bien différencié d'autres secteurs de nappes, notamment les eaux souterraines plus au sud jusqu'à Saint-Leu qui ne révèlent pas ces signes de contamination aux nitrates.

Pour les eaux souterraines de la zone objet de ce document et à l'exception d'un secteur situé à Savannah qui présente une assez forte contamination aux pesticides dans le contexte réunionnais, il n'y a pas de signes visibles de dégradation due à des apports d'origine anthropique. A noter cependant l'apparition depuis 2007 de pesticides dans un forage situé dans le secteur de l'Hermitage.

En revanche, ce système d'aquifères côtiers entre La Saline-les-Bains et la pointe des Châteaux à Saint-Leu présente une sensibilité à la salinisation plus ou moins forte et plus ou moins variable dans le temps selon les forages.

Les eaux de surface et souterraines de la Ravine Saint-Gilles présentent dans une moindre mesure des signes de contamination par les nitrates. La Ravine Saint-Gilles est en effet la seule rivière pérenne de l'île à présenter des concentrations en nitrates dépassant assez régulièrement 10 mg/l.

Elle montre également une assez forte pollution par les bactéries ce qui marque des apports liés à des systèmes d'assainissement défaillant et à des apports par ruissellement sur les terres agricoles voire d'effluents d'élevage.

Contrairement aux eaux souterraines, elle révèle ainsi une grande variabilité saisonnière marquée par une dégradation pendant la saison des pluies.

Par ailleurs, elle présente un intérêt biologique certain avec notamment une assez forte diversité d'invertébrés benthiques et de macrocrustacés. Néanmoins, elle demeure assez pauvre en cabots bouche ronde ce qui la situe pour ce paramètre au même niveau que les rivières des Galets et Saint-Denis.

Une différence est donc assez marquée entre la qualité physico-chimique des eaux de la ravine Saint-Gilles et celle des eaux souterraines

Vu les temps de circulation des eaux souterraines, les effets des différentes activités peuvent être visibles presque en temps réel comme la salinisation ou dans un délai plus long de plusieurs années comme les apports de nitrates et de pesticides. Les eaux superficielles vont réagir beaucoup plus rapidement et reporter plus massivement les apports des bassins versants en mer et en zone lagunaire.

La situation et les tendances de dégradation observées en 2008 révèlent à la fois un héritage d'activités et de pratiques passées ainsi qu'une influence des activités contemporaines, plus particulièrement sur la Ravine Saint-Gilles, qui elles mêmes pourront à plus ou moins long terme impacter la qualité des eaux souterraines et marines.

Afin de mieux aider les gestionnaires de ce territoire à prendre en compte la gestion de l'eau dans les projets d'aménagements, il se révèle ainsi important d'intégrer dans l'analyse une bonne connaissance de l'occupation des sols et de son évolution ainsi qu'une caractérisation exhaustive des pratiques agricoles (doses et quantités de fertilisants et de pesticides, fréquences et périodes des apports, produits utilisés, surfaces traitées, travail du sol) et non agricoles (réseaux et ouvrages d'assainissement domestiques collectifs et individuels, localisation des rejets, rejets pluviaux et des ruissellements des voiries, usages phytosanitaires).

ANNEXES

Annexe 1 : Réseau de suivi et méthodologie du 'point zéro' (Extrait du rapport : Influence de l'irrigation du littoral ouest sur la qualité des eaux du milieu naturel - Suivi pluriannuel qualitatif du secteur de l'antenne 4 - Rapport préliminaire de synthèse années 1999-2004, p 3 à 6)

I - SITE D'ETUDE

Le site d'étude correspond au secteur géographique compris entre la Ravine Saint-Gilles au nord et la Ravine de Trois Bassins au sud avec une limite altitudinale à 660 m. Il comprend la zone lagonaire comprise entre ces deux ravines. C'est le site de "l'Antenne 4", premier périmètre mis en irrigation en juillet 1999. Il inclut donc la seule rivière pérenne de la région Ouest de l'île ainsi que deux nappes stratégiques, au nord celle de la ravine Saint-Gilles, au sud celle de la côte ouest.

Lors des campagnes "Point Zéro" en 2000, 1880 ha sont mis en service, soit 85% de la surface totale de l'Antenne 4.

II - METHODOLOGIE

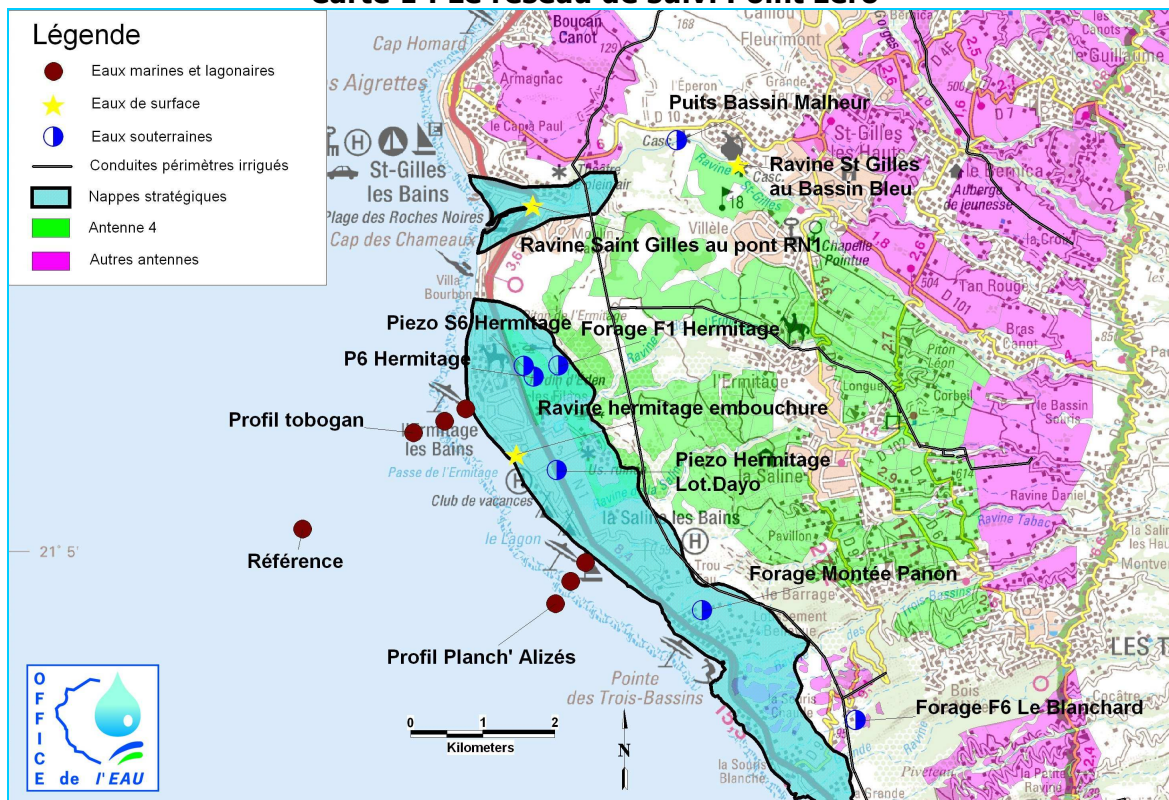
II. 1. Les partenaires et intervenants

Le montage adopté a consisté à mobiliser de multiples compétences dans le domaine de la physico-chimie et de la biologie des eaux douces continentales et des eaux marines et dans le domaine de la logistique. Plusieurs organismes implantés en Métropole et à La Réunion ont donc participé à ce travail sous la coordination de l'ex-Observatoire Réunionnais de l'Eau entre 1999 et 2003, dont les missions ont été intégrées et développées depuis août 2003 au sein du nouvel Office de l'Eau (cf. Annexe 1 Organigramme fonctionnel du point zéro).

II. 2. Réseau de suivi et protocole

En 1999, le bureau d'étude SOGREAH a assisté le Département de La Réunion afin de définir le réseau de suivi (localisation des stations de mesure et de prélèvement) et le protocole (paramètres à analyser et fréquence d'analyse) à mettre en place.

Carte 1 : Le réseau de suivi Point zéro



Périmètres Antenne 4 et autres antennes : source DAF, 2002

II. 2. 1. Réseau de suivi

↳ Les points de suivi de la qualité des eaux superficielles, souterraines et marines ont été déterminés de manière à réaliser un état des lieux complet de la zone. Ils ont été sélectionnés ensuite en fonction de la faisabilité des prélèvements.

↳ Il en a résulté un réseau composé de (cf. Carte Site de prélèvements) :

- 10 stations pour le suivi physico-chimique des eaux douces continentales
 - 3 stations en eaux superficielles, 7 stations en eaux souterraines
- 5 stations pour le suivi biologique des eaux douces superficielles
 - 4 stations hydrobiologie, 1 station ichtyologie
- 3 stations pour le suivi physico-chimique des eaux marines et lagunaires*
 - 2 stations (profils ou radiales) en milieu récifal et lagunaire, 1 station de référence en milieu marin (au large de La Saline les Bains).

Tableau 1 : Les stations du réseau de suivi

Milieux concernés	Physico-chimie	Hydrobiologie	Ichtyologie
Eaux superficielles	▣ Rav. St-Gilles : Bassin Bleu, pont RN1	▣ Rav. St-Gilles : Bassin Malheur, Verrou, pont RN1	▣ Rav. St-Gilles : Verrou
	▣ Rav. Hermitage : embouchure	▣ Rav. Hermitage : embouchure	
Eaux souterraines	▣ Rav. St-Gilles : Bassin Malheur		
	▣ Secteur la Saline : Montée Panon, F6 Blanchard, Lot DAYO		
	▣ Secteur Hermitage : F1, P6, S6		
Eaux marines et lagunaires*	▣ Profil Tobogan		
	▣ Profil Planch'Alizés		
	▣ Point de référence au large		

* : les informations concernant les eaux marines et lagunaires sont données uniquement à titre indicatif et seront étayées dans le 2^{ème} volet de ce rapport

II. 2. 2. Protocole

↳ L'ensemble des stations du réseau de suivi est échantillonné deux fois par an :

- une fois en fin de saison des pluies (avril ou mai),
- une fois en fin de saison sèche (octobre ou novembre).

↳ Les paramètres physico-chimiques analysés permettent de déterminer à la fois :

- le caractère naturel des eaux (hydrolyse des roches) qui est bien marqué par les ions majeurs, des paramètres classiques souvent mesurables *in situ* et les isotopes de l'oxygène et de l'azote,
- les apports en éléments polluants d'origine agricole ou domestique qui sont mis en évidence par les matières azotées et phosphorées, les matières organiques, les pesticides, le cuivre,
- les apports de particules solides qui sont bien indiqués par les matières en suspension.

↳ L'analyse des bactéries en 2000 permet de déterminer une contamination d'origine fécale (domestique, élevage).

↳ Un protocole spécifique a été adopté en 2000 sur le site de Mon repos (réservoir de tête) afin de caractériser les eaux allochtones c'est-à-dire alimentant l'Antenne 4. Les eaux entrantes étaient échantillonnées chaque mois. Les mêmes paramètres que pour les eaux autochtones étaient suivis exceptés l'oxygène dissous, le fer et l'alcalinité.

Neuf groupes de paramètres sont donc distingués. Les paramètres matières azotées et phosphorées en tant que principaux marqueurs de pollution d'origine agricole, sont communs aux eaux douces et marines. Les isotopes de l'oxygène et de l'azote ainsi que la majorité des ions majeurs, les mesures *in situ* et les bactéries ne concernent que les eaux douces.

Tableau 2 : Liste des paramètres analysés pour les eaux continentales (37 paramètres)

Groupe de paramètres	Paramètres
Paramètres classiques souvent mesurables <i>in situ</i>	pH, température, oxygène dissous, conductivité
Ions majeurs en laboratoire	Sodium, Potassium, Magnésium, Calcium, Silice, Chlorure, Fluor, Hydrogène-carbonate, Sulfates, fer, alcalinité (Titre Alcalimétrique, Titre Alcalimétrique Complet)
Isotopes de l'oxygène et de l'azote en laboratoire	Rapport O18/O16 et rapport N14/N15 pour les eaux souterraines
Pesticides en laboratoire	2 Herbicides (Atrazine, Diuron)
	6 Insecticides (Méthomyl, Etoprophos, Chlorpyrifos éthyl, Lindane, Lambda Cyhalothrine, Deltaméthrine)
Métal en laboratoire	Cuivre
Matières azotées en laboratoire	Nitrate, Nitrite, Ammonium, Azote Kjeldahl (en 2000)
Matières phosphorées en laboratoire	Phosphore total (en 2000), phosphates
Matières organiques en laboratoire	Oxydabilité au permanganate de potassium
Particules solides en laboratoire	Matières en suspension
Bactéries en laboratoire	Coliformes thermotolérants (Escherichia coli) Streptocoques fécaux ou Enterocoques

Tableau 3* : Liste des paramètres analysés pour les eaux marines* (8 paramètres)

Groupe de paramètres	Paramètres
Paramètres classiques souvent mesurables <i>in situ</i>	pH, température
Ions majeurs en laboratoire	Silice, alcalinité, salinité
Matières azotées en laboratoire	Nitrate, Nitrite, Ammonium
Matières phosphorées en laboratoire	Phosphate
Pesticides en laboratoire	Même paramètres que les eaux continentales (en 1999)

* : les informations concernant les eaux marines et lagunaires sont données uniquement à titre indicatif et seront étayées dans le 2^{ème} volet de ce rapport

Annexe 2 : classes de qualité utilisées pour le traitement des données physico-chimiques 'Ravine Saint-Gilles'

SYSTEME D'EVALUATION DE LA QUALITE DE L'EAU DES COURS D'EAU (SEQ-Eau Cours d'eau)
 Classes de qualité par altération appliquées à la Réunion en 2007
 (d'après Grilles d'évaluation SEQ Eau version 1 - 1999 MEDD & Agences de l'Eau)

Classes de qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Indices de qualité	80	60	40	20	
Altérations et paramètres					
MOOX - MATIERES ORGANIQUE ET OXYDABLES					
Oxygène dissous (mg/l)	8	6	4	3	
Taux sat O2 (%)	90	70	50	30	
COD (mg/l C)	5	7	10	12	
NH4+ (mg/l)	0,5	1,5	2,8	4	
NKJ (mg/l N)	1	2	4	6	
DBO5 (mg/l O2)	3	6	10	25	
DCO (mg/l O2)	20	30	40	80	
AZOT - MATIERES AZOTEES					
NH4+ (mg/l)	0,1	0,5	2	5	
NKJ (mg/l N)	1	2	4	10	
NO2- (mg/l)	0,03	0,1	0,5	1	
NITR - NITRATES					
NO3- (mg/l)	2	10	25	50	
PHOS - MATIERES PHOSPHOREES					
Phosphore Total (mg/l)	0,05	0,2	0,5	1	
Orthophosphates (mg/l)	0,1	0,5	1	2	
PAES - PARTICULES EN SUSPENSION					
MES (mg/l)	5	25	38	50	
Turbidité (NTU)	2	35	70	105	
BACT - MICRO-ORGANISMES					
Coliformes theremotolérants assimilables à Escherichia coli (u/100ml)	20	100	1000	2000	
Entérocoques ou Streptocoques fécaux (u/100ml)	20	100	250	400	

en écriture droite : valeurs issues des classes d'aptitude à la biologie, la production d'eau potable ou les loisirs aquatiques

en italique : valeurs calculées par interpolation

Annexe 4 : Données piscicoles et notes d'évaluation sur la ravine Saint-Gilles

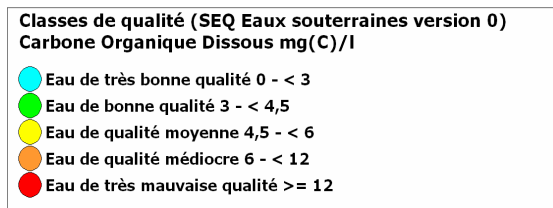
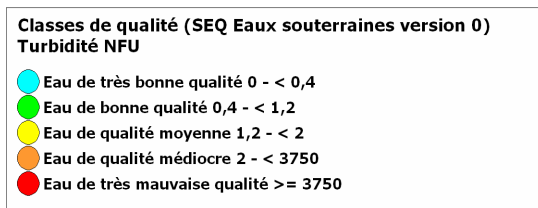
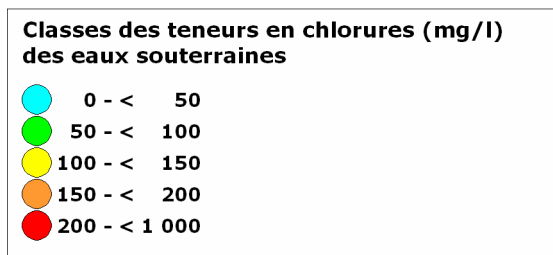
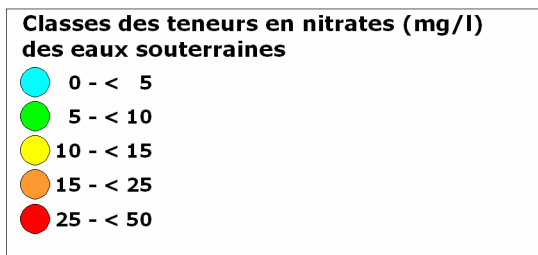


Données piscicoles sur la Station (STGIL) Ravine Saint-Gilles au Verrou

Famille	Espèce	Nom vernaculaire	Année d'échantillonnage								
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Crustacés	Atyidae	<i>Atyoida serrata</i>	33,7	36,5	94,2	375,4	11,4	613,2	264,9	499,5	629,5
		<i>Caridina typus</i>		19,8		10,9	223,9	124,2	6,3	421,8	41,4
		<i>Caridina serratiostris</i>				1,3			82,3	0,3	
	Palaemonidae	<i>Macrobrachium australe</i>	8,1	15,1	9,2	30,4	3,8	33,5	87,8	199,2	102,9
		<i>Macrobrachium lepidactylus</i>				5,1	7,1	27,5	13,7	15,1	15,0
		<i>Macrobrachium lar</i>				3,8	8,7	1,1	82,4	132,5	644,8
Grapsidae	<i>Varuna litterata</i>	Crabe								1,4	
Poissons	Anguillidae	<i>Anguilla b. bicolor</i>	0,7	1,0				0,5			
		<i>Anguilla marmorata</i>	8,5	13,0	15,8	8,0	8,2	6,0	12,9	10,2	9,6
		<i>Anguilla mossambica</i>	1,9		0,8	0,7	0,5	1,6			
		<i>Anguilla nebulosa labiata</i>				1,4					
		<i>Anguilla sp.</i>	0,7			0,7	1,6	1,6	6,6	3,7	5,0
	Gobiidae	<i>Awaous commersoni</i>	0,4	3,6	3,3	1,4	1,6				
		<i>Cotylopus acutipinnis</i>	1,1	2,1	2,1	1,4		0,5	3,3	15,7	11,8
		<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	33,7	46,4	110,8	101,4	35,9	45,6	48,0	148,9	91,0
	Eleotridae	<i>Eleotris fusca</i>				0,7					
	Kuhliidae	<i>Kuhlia rupestris</i>				0,5					
Poecilidae	<i>Poecilia reticulata</i>	11,9	92,2		54,3	32,1	10,4	5,9	7,4	19,1	
	<i>Xiphophorus hellerii</i>	0,4	7,3								

Notes d'évaluation attribuées aux peuplements de poissons et macro crustacés de 2000 à 2008 - Ravine Saint-Gilles au Verrou									
Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Densité en <i>Sicyopterus lagocephalus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Densité en <i>Cotylopus acutipinnis</i>	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Présence d'espèces accompagnatrices	2	1	2	3	2	1	0	0	0
Densité en crustacés	2	2	3	3	2	3	3	3	3
Richesse en macro crustacés	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Note globale /15	8	7	10	11	8	9	8	8	8
Classe de qualité	moyen	moyen	bon	bon	moyen	moyen	moyen	moyen	moyen

Annexe 4 : classes de qualité utilisées pour le traitement des données physico-chimiques 'eaux souterraines'



Bactériologie (d'après classe de qualité SEQ Eaux souterraines V.0)
Escherichia Coli (n/100ml)

