
MASTER1 GEOSPHERE 2009
Spécialité Transfert Sol Aquifère

Etudes de données physico-chimiques des eaux du secteur Nord du Piton des Neiges Ile de La Réunion

Vayana DOMINIQUE
Encadrée par J.Bonnier, J.L.Join et E.Nicolini

Office de l'eau – Réunion



22/06/2009

Résumé

Le secteur Nord du Piton des Neiges s'étend des villes de Saint Denis à Sainte Marie, jusqu'au cirque de Salazie, par le biais du lit de la rivière des Pluies. Ce secteur englobe une des infrastructures les plus importantes de l'île, la galerie du transfert des eaux d'Est en Ouest. Cette galerie devrait permettre d'acheminer l'eau captée dans quatre rivières situées dans les cirques de Mafate (rivière des Galets et Bras de Sainte Suzanne) et Salazie (Rivière du Mât et Rivière Fleurs Jaunes) pour alimenter le réseau d'irrigation de la côte Ouest.

L'étude des eaux du secteur Nord du Piton des Neiges qui suit, a été faite grâce aux données physico-chimiques acquises par l'Office de l'eau Réunion. Ces données sont récoltées dans le but de caractériser l'état physico-chimique des hydrosystèmes en relation avec les galeries du transfert des eaux. Les analyses portent sur 17 forages, 9 venues d'eau de la galerie Salazie amont, 3 venues de la galerie Salazie aval, 3 rivières (rivières Saint Denis, rivière des Pluies, rivière Sainte Suzanne) et 2 sources (Apollon, Chaudron).

Globalement ce qui ressort de cette étude est l'absence de contraste de faciès chimique fort entre les différents types d'eau (galerie amont et aval, rivières, forages), à l'exception de la galerie Salazie amont. Le faciès le plus représenté est le faciès bicarbonaté mixte, cependant les eaux de la galerie amont présentent des teneurs en sodium bien plus importantes qui font évoluer son faciès vers un faciès très sodique. De nombreuses pistes sont à envisager pour mieux comprendre les phénomènes à l'origine de ces variations.

Table des matières

Introduction.....	4
I. La Réunion et ses particularités liées à la problématique de la gestion des ressources en eau.....	5
I.1. La Réunion.....	5
I.1.a. Le contexte géologique et hydrogéologique.....	5
I.1.a.i. A l'échelle du Piton des Neiges.....	5
I.1.a.ii. A l'échelle des galeries Amont et Aval du transfert des eaux.....	6
I.1.b. Le climat.....	7
I.2. Le transfert des Eaux de Salazie et de Mafate d'Est en Ouest	8
I.2.a. Historique et enjeux du transfert.....	8
I.2.a.i. Enjeux.....	8
I.2.a.ii. Mode de fonctionnement et historique du projet.....	8
II. Méthodes d'analyses et présentation des résultats.....	10
II.1 Présentation des résultats.....	11
II.2 Outils et méthodes.....	12
II.2.1 Outils.....	12
III. Observations et interprétations des résultats.....	14
III.1. Caractéristiques des eaux de forages.....	15
III.1.b Puits Chaudron.....	16
III.1.c Sainte Vivienne.....	16
III.2 Caractéristiques des eaux de rivières.....	17
III.2.a Rivières de Pluies.....	17
III.3.a Etudes des équilibres calco-carboniques.....	20
III.3.b. Comparaison des différents types d'eau.....	22
III.3.c Les orientations d'études et perspectives.....	23
Conclusion.....	24
Liste des illustrations.....	25
Bibliographie.....	26
Remerciements.....	27
Annexes.....	28

Introduction

Ce rapport a pour but d'illustrer les deux mois de stage effectués en collaboration entre l'Office de l'eau et le Laboratoire des Sciences de la Terre de l'Université de La Réunion dans le cadre du Master 1 Géosphère mention Transfert Sol Aquifère. L'Office de l'eau Réunion a pour mission, notamment, l'étude et le suivi des ressources en eau, des milieux aquatiques et littoraux et leurs usages, ainsi que le conseil et l'assistance technique aux maîtres d'ouvrage.

Ce stage a eu pour objectif principal l'étude de données physico-chimique acquises en 2007/2008 sur les eaux du secteur Nord du Piton des Neiges, avec pour intention première une meilleure compréhension des systèmes hydrogéologiques en présence mais surtout ceux concernant le secteur de la galerie du transfert des eaux d'Est en Ouest. En effet de telles investigations, même si ce n'est pas leur but premier permettent de pouvoir étudier des zones profondes, non accessibles dans la majorité des cas pour les géologues et hydrogéologues.

Dans ce cadre-là, l'Office de l'eau a mis à ma disposition une série de données physico-chimiques réparties sur le secteur d'étude qui s'étend des villes de Saint Denis à Sainte Marie et jusqu'au cirque de Salazie par le biais du lit de la rivière des Pluies. Il a donc fallu dans un premier temps classer et traiter ces données grâce à des méthodes d'analyses précises qui ont par la suite facilitées la description et l'interprétation des résultats permettant ainsi une meilleure connaissance des phénomènes s'exprimant dans ce secteur.

Cette étude s'articule autour de trois grands axes, dans un premier temps une présentation de l'île de La Réunion et de ses particularités ainsi que la mise en évidence de la problématique du transfert des eaux d'Est en Ouest, dans un deuxième temps la présentation des résultats et les problèmes rencontrés lors des différentes méthodes d'analyses, et pour finir l'étude détaillée des différents types d'eau, leurs particularités et leurs interactions.

I. La Réunion et ses particularités liées à la problématique de la gestion des ressources en eau

La Réunion est située dans le Sud-Ouest de l'océan Indien par 21° S et 55° E. Elle se trouve à 700 kilomètres à l'Est de la façade orientale de Madagascar et à 200 kilomètres de l'île Maurice. L'île de La Réunion est constituée par la juxtaposition de deux volcans boucliers que sont le Piton des Neiges et le Piton de la Fournaise qui lui confère cette morphologie particulière.



Figure 1: Localisation de l'île de La Réunion

I.1. La Réunion

I.1.a. Le contexte géologique et hydrogéologique

I.1.a.i. A l'échelle du Piton des Neiges

L'édification du Piton des Neiges s'est réalisée selon 4 phases de construction entrecoupées de périodes érosives. Les divers auteurs s'accordent sur l'existence de ces 4 phases, cependant la terminologie utilisée diffère d'un auteur à l'autre.

Description des différentes phases d'édification du Piton des Neiges tirée d'une synthèse de J-L Hoareau (2001)

Phase I: cette phase est caractérisée par une alternance de niveaux de brèches et de niveaux laviques. On qualifie ces formations d'océanites anciennes, elles sont très altérées et riches en minéraux secondaires tels que les zéolites.

Phase II: cette phase est constituée d'un empilement de basaltes à olivine, d'océanites et de basaltes aphyriques avec des intercalations sédimentaires ou volcano-sédimentaires.

Phase III et IV: cette phase est constituée de lave allant des basaltes aux comendites.

La figure ci-après (Figure 2) présente le cadre morpho-structural des émergences des nappes d'altitudes. (Join, 1991). Elle met en évidence la superposition de trois zones que sont les zones profondes, intermédiaires, superficielles.

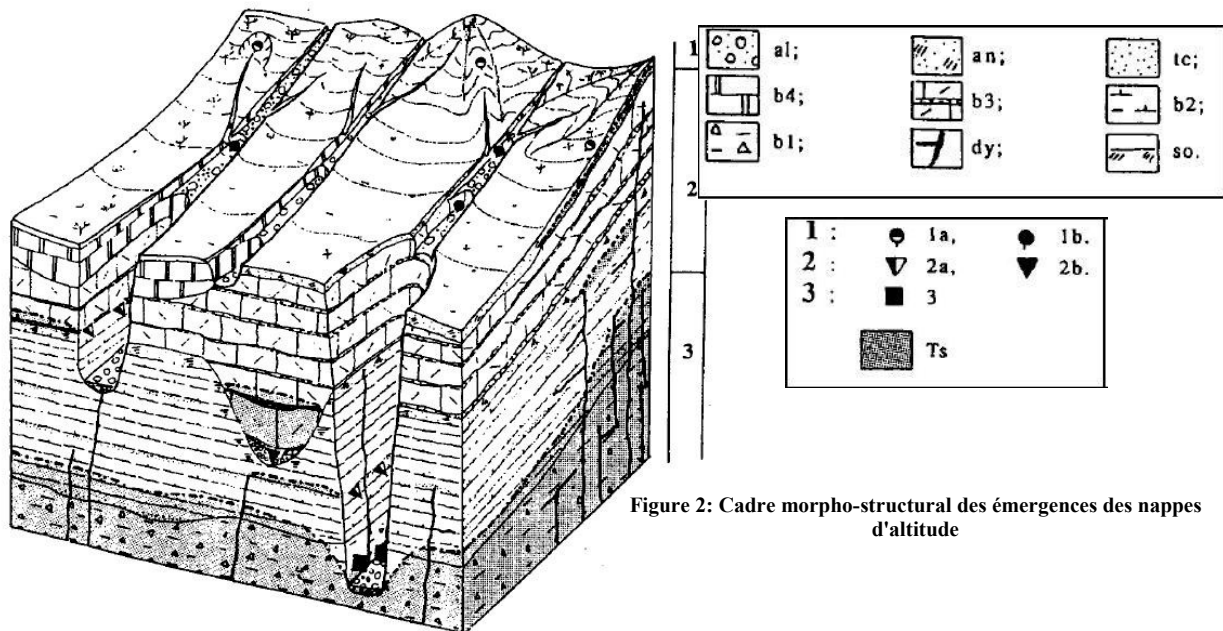


Figure 2: Cadre morpho-structural des émergences des nappes d'altitude

Hydrogéologie:

- 1: zone superficielle 1a: sources de ressuyage de sols 1b: sources de sous-écoulement
 2: zone intermédiaire 2a: sources des nappes perchées étendues 2b: sources des nappes perchées chenalisées
 3: zone profonde 3a: sources dans les amphithéâtres d'érosion TS: zone saturée

Géologie:

- al: alluvions an: andosols et sols ferrallitiques sur cendres et basaltes tc: tufs cendreux
 b4: série différenciée (phase IV) b3: série différenciée (phase III) dy: dykes
 b2: série océanique (phase II) b1: substratum ancien (océanites et brèches)

La figure 2 permet de comprendre les relations qu'il peut y avoir entre les différentes morphologies d'aquifères, le réseau hydrographique et les formations géologiques qui forment le contenant de ces différentes unités.

1.1.a.ii. A l'échelle des galeries Amont et Aval du transfert des eaux

L'étude des galeries nous permet d'avoir une vision de la géologie du secteur d'étude à plus petite échelle. Les ouvrages s'enfoncent par endroit dans une formation dite basaltique inférieure très altérée et métamorphosée. Cette formation constitue le mur de l'aquifère.

Lors des études faites notamment sur la galerie aval par L. Bret un grand nombre de dykes a été rencontré. Cela s'explique par la présence d'une rift zone d'orientation N120 (Chevallier). Ces dykes ont certainement joué un rôle important, notamment dans l'expression d'un hydrothermalisme intense, mais ils continuent d'avoir un impact sur le fonctionnement hydrogéologique du massif. En effet ils se comportent comme des barrières à la circulation de l'eau dans des formations de plus forte perméabilité qu'eux, tandis qu'ils se comportent comme des drains dans des formations de plus faible perméabilité.

D'autre part des fractures ouvertes permettent un écoulement important d'eau dans le massif, mis à part lorsque celles-ci sont colmatées par de la minéralisation secondaire, qui dans ce cas leur confère une perméabilité faible (Bret, 2002).

L'étude de la galerie aval par L.Bret a abouti à la détermination d'un nouveau modèle de minéralisation secondaire à l'intérieur du massif. Jusqu'alors on considérait que l'altération ou l'hydrothermalisme des flancs du Piton des Neiges correspondait à une zéolitisation importante des formations. Les observations faites grâce à des galeries réalisées sur le Piton des Neiges ont permis de mettre en évidence la présence d'une zéolitisation importante aux abords des zones ou paléo-zones de drainage, tandis que l'on observe une argilisation très importante des formations altérées ou hydrothermalisées des flancs du volcan. L'ancien modèle proposait un front de zéolitisation dans le massif du Piton des Neiges, le modèle de L.Bret propose un front d'argilisation dans le massif associé à une zéolitisation dans les bordures de vallées ou de paléo-vallées.

I.1.b. Le climat

L'île de La Réunion est caractérisée par un climat général de type tropical humide sous l'influence des vents Alizés qui soufflent d'Est en Ouest. La présence des hauts reliefs de l'île va provoquer une détente et une condensation de l'air, impliquant de fortes variations climatiques notamment au niveau des précipitations. Il est possible de caractériser la pluviométrie de La Réunion selon deux grands ensembles, d'une part la côte au vent située au Sud Est de l'île face aux alizés, elle reçoit 70% des précipitations, et d'autre part la côte sous le vent située au Nord Ouest. Les précipitations que connaît La Réunion peuvent être classées en deux grandes catégories:

- Les précipitations d'origine advective, provoquées par le passage de perturbations nuageuses venues du large.
- Les précipitations liées aux phénomènes convectifs d'évolution diurne qui, tout en obéissant à un cycle relativement immuable, seront d'autant plus marquées que la masse d'air sera plus humide et instable.

De telles variabilités engendrent des déficits d'eau importants dans les secteurs de l'agriculture, de l'industrie et du logement. Dans le cadre d'une gestion globale de l'eau et dans l'objectif d'améliorer les rendements de la production agricole, notamment de la production cannière, un projet de transfert des eaux a vu le jour.

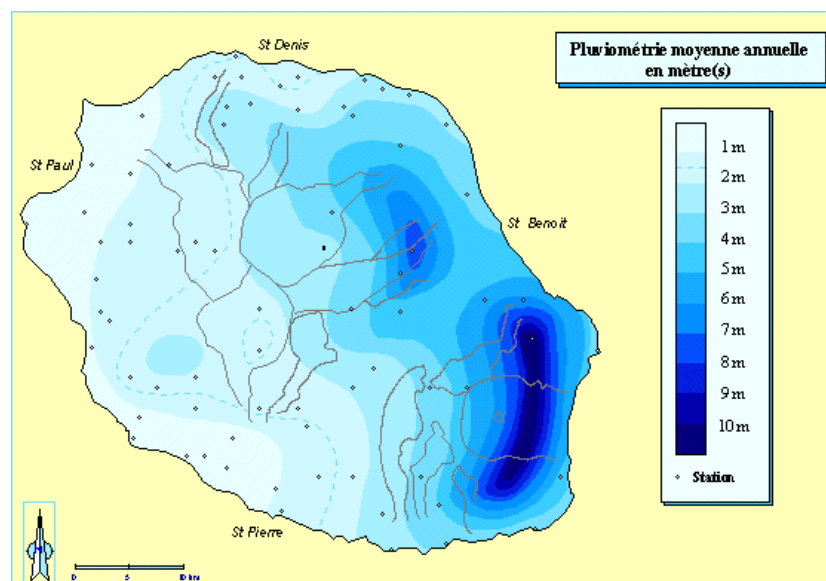


Figure 3: Pluviométrie moyenne annuelle des La Réunion en mètres (Source Météo France)

I.2. Le transfert des Eaux de Salazie et de Mafate d'Est en Ouest

I.2.a. Historique et enjeux du transfert

I.2.a.i. Enjeux

Ce projet a débuté en 1989, il devait permettre le développement agricole de l'Ouest en augmentant les surfaces irrigables de cette zone et donc en augmentant la production cannière ainsi qu'en diversifiant les productions maraîchères et fourragères. Au niveau industriel ce projet devait favoriser l'implantation d'activités nouvelles et notamment des industries fortement consommatrices d'eau (agroalimentaire). L'aménagement rural et urbain devait aussi être amélioré par la conservation des 3000 exploitations de cette zone, et par l'amélioration et la sécurisation de l'alimentation en eau des zones urbanisées.

I.2.a.ii. Mode de fonctionnement et historique du projet

Ce projet repose sur le captage des eaux de quatre rivières situées dans les cirques de Mafate (Rivière des Galets et Bras de Ste Suzanne) et Salazie (Rivière du Mât et Rivière Fleurs Jaunes). L'eau est ensuite amenée par des conduites souterraines sur une distance de 30km percées sous la montagne jusqu'à la cote Ouest. La galerie se divise donc en deux principaux tronçons que sont la galerie Salazie amont, qui s'étend de la rivière du Mât à la rivière des Pluies (en cours de creusement) et la galerie Salazie aval, qui s'étend de la rivière des Pluies au Bras de Sainte Suzanne (inaugurée en 2006). Une fois transférée l'eau sera récupérée dans le réservoir de Mon Repos d'une capacité de 50000 m³. Ensuite ces eaux sont destinées à l'irrigation et à l'utilisation humaine, par gravité pour les zones situées à moins de 275 mètres d'altitude, et par système de remontée par pompage pour les zones situées à des altitudes supérieures, et ce jusqu'à 660 mètres.

En effet, l'irrigation de la côte Ouest est découpée en 9 antennes dont 8 périmètres d'irrigation. La distribution de l'eau s'effectue par des conduites secondaires propres à chaque antenne, raccordées à la conduite principale allant de Saint Paul à Saint Leu, séparée elle-même en deux tronçons à hauteur de La Saline.

Historique:

Entre 1989 et 1998, mise en place de la partie transfert de Mafate.

1995, mise en chantier du réseau de distribution avec le lancement des travaux sur la première tranche de la conduite principale entre Saint Paul et La Saline et des antennes 0 et 4

1998, achèvement de la première tranche de la conduite maîtresse reliant Saint Paul à La Saline

1998 à 2003, creusement de la galerie Salazie aval

1999, mise en service de l'antenne 4

2003 à 2006, travaux de finition de la galerie Salazie aval

1999 à aujourd'hui, début du creusement de la galerie Salazie amont, toujours en cours

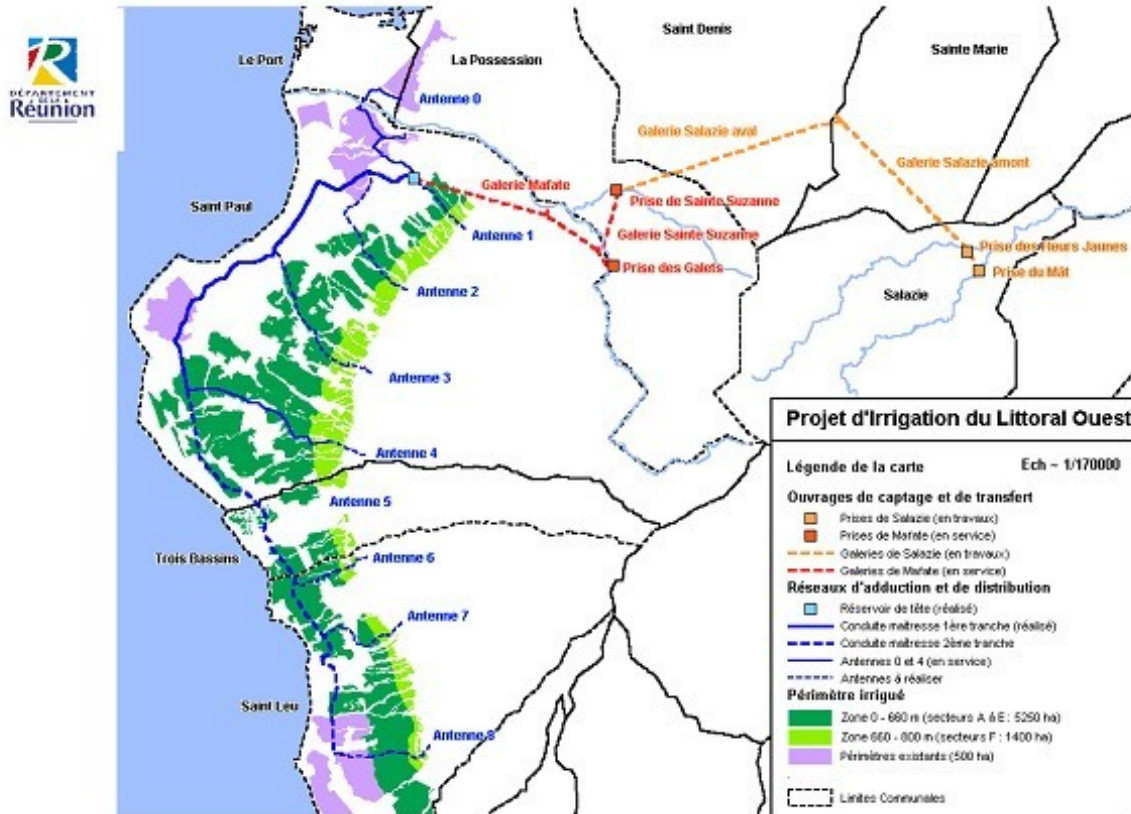


Figure 4: Tracé de la galerie Salazie (Source Département Réunion)

I.2.b. Problématique de la galerie Salazie amont

Les phénomènes ayant fortement ralenti l'avancée des travaux durant toutes ces années sont les venues d'eau rencontrées lors du creusement des galeries. Une première venue d'eau (600 L/s en octobre 2001 et 100 L/s en 2009) a été recoupée au pm 1238 à l'aplomb de la ravine Tanan. Cette ravine est un affluent rive droite de la rivière des Pluies qui s'est vraisemblablement mis en place au niveau d'un accident géologique. La dernière zone aquifère mise à jour en Avril 2007 se trouve entre le pm 3024 et le pm 3355 de la galerie Salazie amont. La zone a été explorée par deux forages horizontaux, SLP1 (428m) et SLP2. Ces forages ont révélé un aquifère compartimenté avec des pressions allant de 20 à 30 bars. Avant d'atteindre les venues d'eau principales, les deux galeries ont intercepté de nombreuses venues d'eau qui se sont tariées rapidement et qui n'ont pas gêné l'avancement des travaux. Le drainage des ces venues d'eau par les galeries modifie les conditions naturelles d'écoulement de ces eaux qui contribuent en principe à la recharge de la nappe de base littorale. Les dernières études faites sur l'impact des galeries montrent qu'il n'y a actuellement pas de baisse significative des niveaux de la nappe de base littorale, et le rejet des eaux de drainage de la galerie Salazie amont dans la rivière des Pluies assure le maintien d'un écoulement pérenne toute l'année (Office de l'eau, 2008). L'objectif des études à suivre est de mieux comprendre le fonctionnement de ces systèmes hydrogéologiques.

II. Méthodes d'analyses et présentation des résultats

L'Office de l'Eau Réunion gère un réseau de suivi de la qualité physico-chimique des milieux aquatiques et des eaux souterraines. Le réseau du secteur Nord a été étendu pour caractériser l'état physico-chimique des hydrosystèmes en relation avec les galeries du transfert des eaux. Les analyses ont porté sur 17 forages, 9 venues d'eau de la galerie Salazie amont, 3 venues d'eau de la galerie Salazie aval, 3 rivières (rivière Saint Denis, rivière des Pluies, rivière Sainte Suzanne) et 2 sources (Apollon, Chaudron).

Elles ont permis de mesurer les caractéristiques physico-chimiques des échantillons:

- Cations: potassium, magnésium, calcium, sodium, manganèse, fer
- Anions: bicarbonates, carbonates, chlorures, sulfates
- Silice
- Conductivité, pH, température et oxygène dissout

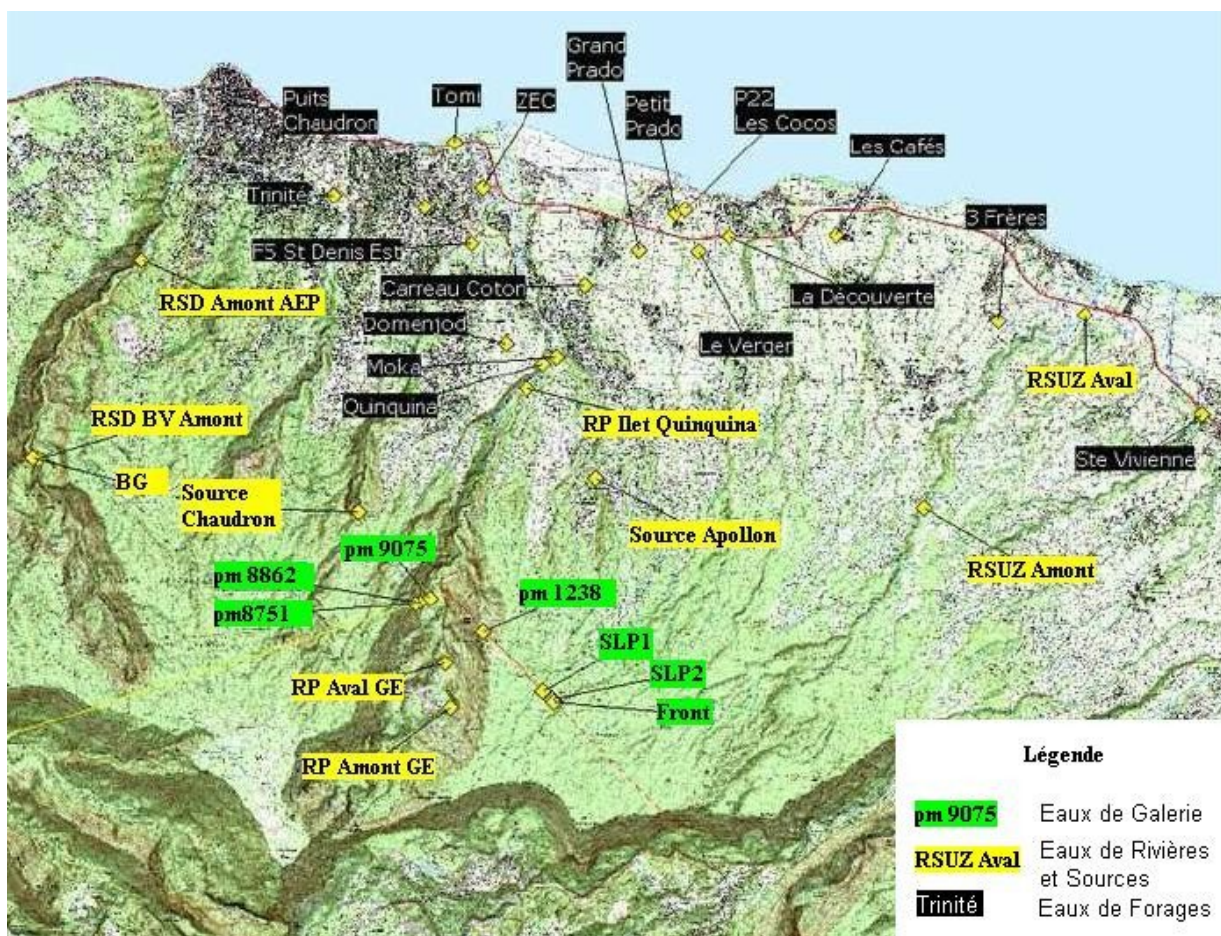


Figure 5: Répartition des points de mesure sur le secteur d'étude (Source Office de l'eau)

II.1 Présentation des résultats

Les résultats d'analyses utilisés pour cette étude sont très hétérogènes, en effet le nombre d'analyses par point de prélèvement est compris entre 1 et 49. Comme nous pouvons le voir grâce au tableau 1 ci après, les paramètres mesurés sur site et par analyses ne sont pas non plus les mêmes d'un point à l'autre. D'autre part, il a fallu mettre à jour ces tableaux récapitulatifs d'analyses du secteur concerné grâce à la base de données de l'Office de l'eau. Pour finir il est important de prendre en considération que l'étendue des chroniques varie énormément, certaines débutent en 1995 alors que d'autres sont établies uniquement depuis 2007. Il a donc fallu prendre tous ces paramètres en considération.

	Nombre de lieux de prélèvements	Nombre d'analyses	Nombre d'analyses contenant la valeur de l'élément						
			pH	cond	T°	Na	Cl	HC03-	NO32-
Galerie amont	9	27	21/27	27/27	27/27	25/27	25/27	25/27	0/27
Galerie aval	3	22	13/22	21/22	22/22	20/22	20/22	20/22	0/22
Sources	2	10	2/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10	0/10
Rivières	3	142	115/142	130/142	123/142	81/142	133/142	60/142	0/142
Forages	17	101	53/101	99/101	97/101	95/101	101/101	50/101	0/101
TOTAL	34	302	204/302	287/302	279/302	231/302	289/302	165/302	0/302

Tableau 1: Décompte du nombre d'analyse

Dans le but d'étudier la cohérence des données en vue de l'exploitation de celles-ci notamment dans différents diagrammes (Piper, Schoeller), nous avons déterminé et étudié les balances ioniques. Pour l'élaboration des balances ioniques seules 165 analyses sur les 302 ont pu être utilisées car les teneurs en bicarbonates n'étaient pas disponibles (Tableau1). Dans un premier temps les résultats n'ont pas été très concluants. En effet on considère qu'à partir de 10% le défaut de la balance ionique est important. Or dans le cas de notre étude une dizaine de point de prélèvement présentait une balance ionique comprise entre 10 et 20%. Ces anomalies correspondaient globalement à des déficits en anion. Cependant la cause de ce déficit en anion a été trouvée: en effet, les teneurs en nitrate ne sont pas toutes transmises à l'Office de l'Eau dans le cadre de ces analyses. Ce sont surtout les eaux de forages du littoral qui étaient concernées (15 des 17 balances ioniques anormales correspondaient à des forages). L'incertitude concernant les nitrates a pu être levée sur 12 des 17 analyses concernées par une balance ionique défectueuse, cela en considérant une valeur moyenne calculée grâce aux chroniques de l'Office de l'eau. Compte tenu des informations disponibles sur la base de données de l'Office de l'eau seules les balances ioniques du forage F5 de St Denis Est n'ont pas pu être améliorées et sont comprises entre 14 et 19%.

Remarque: Certains éléments chimiques tels que les sulfates, le manganèse et en de moindres mesures les chlorures et le magnésium ont des concentrations en mg/L inférieures au seuil de détection du laboratoire en charge des analyses.

seuil de détection	Nombre de valeur en dessous du seuil de détection			
	SO42-	CL-	Mn2+	Mg2+
	2,5	2,5	0,15	0,15
Galerie amont	22/25	1/24	25/25	12/25
Galerie aval	17/20	0/20	20/20	0/20
Sources	10/10	0/10	10/10	0/10
Rivières	59/74	8/127	19/19	0/129
Forages	38/50	0/98	89/89	0/75
TOTAL	146/179	9/279	163/163	12/259

Tableau 2: Décompte du nombre d'analyse en dessous du seuil de détection

Dans certains cas les incertitudes des mesures en dessous de seuils de détections ont pu être précisées toujours grâce à la base de données de l'Office de l'eau qui possède des chroniques d'analyses plus importantes. Toutefois, il s'agit de concentrations très faibles qui n'induisent pas de perturbations au niveau du calcul des balances ioniques. Globalement, on peut considérer que les analyses effectuées sur le secteur d'étude sont de bonne qualité.

II.2 Outils et méthodes

Pour pouvoir analyser ces données et en ressortir le plus d'information en peu de temps, il a fallu utiliser des outils et méthodes efficaces et rapides.

II.2.1 Outils

Le principal outil utilisé est le logiciel DIAGRAMMES (Figure 6) créé par Roland SIMLER du Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon. C'est un logiciel d'hydrochimie en distribution libre facilitant l'exploitation d'analyse d'eau. Ces fonctions sont variées et complètes, en voici quelques unes:

- Les diagrammes:
 - Piper
 - Schoeller-Berkalov
 - Korjinski
 - Stiff
 - Binaire
 - Rose des vents
- Les paramètres calculés:
 - balances ionique
 - dureté
 - indice de saturation(calcite, dolomite, aragonite, gypse)
 - teneurs en cations
 - teneurs en anions

Toutes les fonctionnalités n'ont pas été utilisées, mais ce logiciel s'avère être simple d'utilisation. De ce fait les diagrammes de PIPER et de SCHOELLER ont été établis grâce à ce logiciel. Pour finir l'aspect concernant les variations de pH ainsi que le calcul des équilibres calco-carboniques que nous verrons plus tard, ont pu être étudiés grâce à ce logiciel.

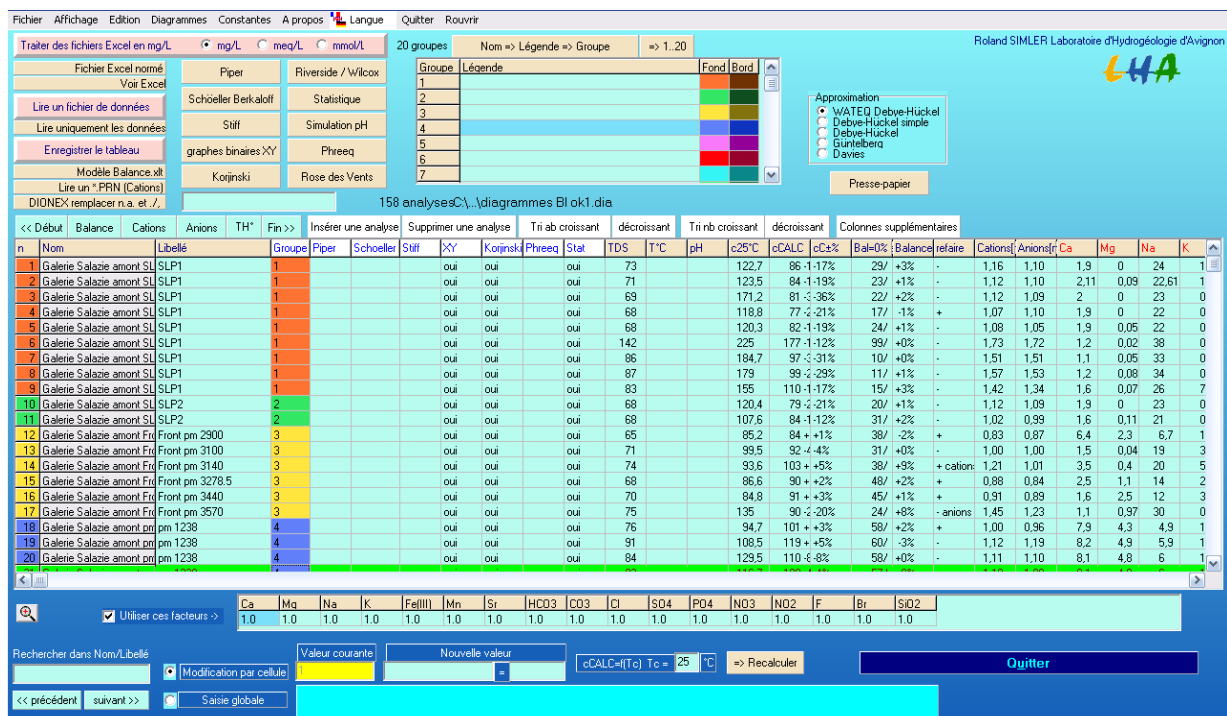


Figure 6: Interface de commande du logiciel DIAGRAMME

II.2.2 Méthodes

- Le diagramme de Piper (Figure 7) permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eau. Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global.
- Le diagramme de Schoeller Berkaloov (Figure 7) permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence.

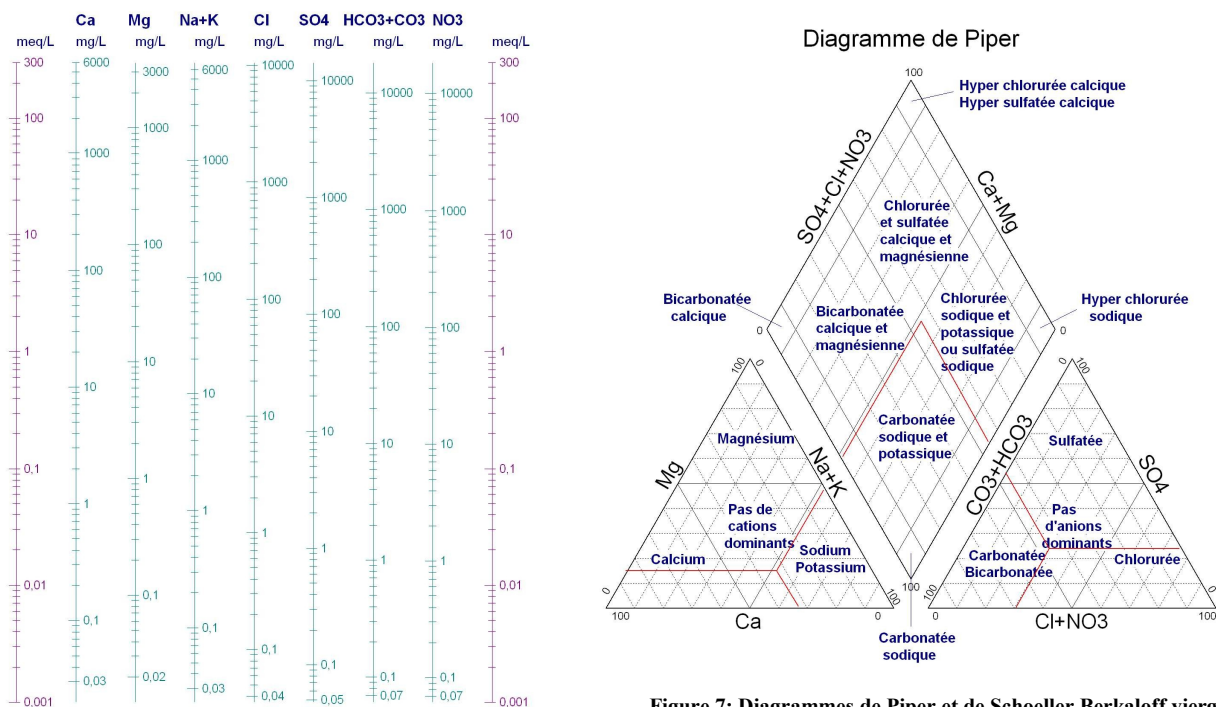


Figure 7: Diagrammes de Piper et de Schoeller Berkaloov vierges

- Le diagramme Na/Cl renseigne sur les temps de transfert des eaux et leur domaine hydrogéologique, tel que défini dans la classification réalisée à l'échelle de l'île par J.L. Join (1991). Cette classification repose sur deux aspects: d'une part on considère que l'apport en chlorure se fait uniquement par les pluies sous l'influence des apports maritimes car les ions chlorures contenus dans les roches volcaniques ne sont pas disponibles pour la dissolution lors du cheminement souterrain de l'eau (Grünberger, 1989). D'autre part, la présence de sodium dans l'eau est issue de l'hydrolyse des minéraux sodiques, ces derniers étant significativement présents tout au long de la série de différenciation magmatique. Ainsi, de la surface vers la profondeur, l'eau peut s'enrichir d'autant plus en sodium qu'elle rencontrera des roches susceptibles de libérer cet élément et que son parcours souterrain sera long. Cependant cette relation n'est valable que pour des eaux qui ne sont pas contaminées par des apports marins. On considèrera cette relation valable pour des concentrations de Na allant jusqu'à 15 mg/L.

III. Observations et interprétations des résultats

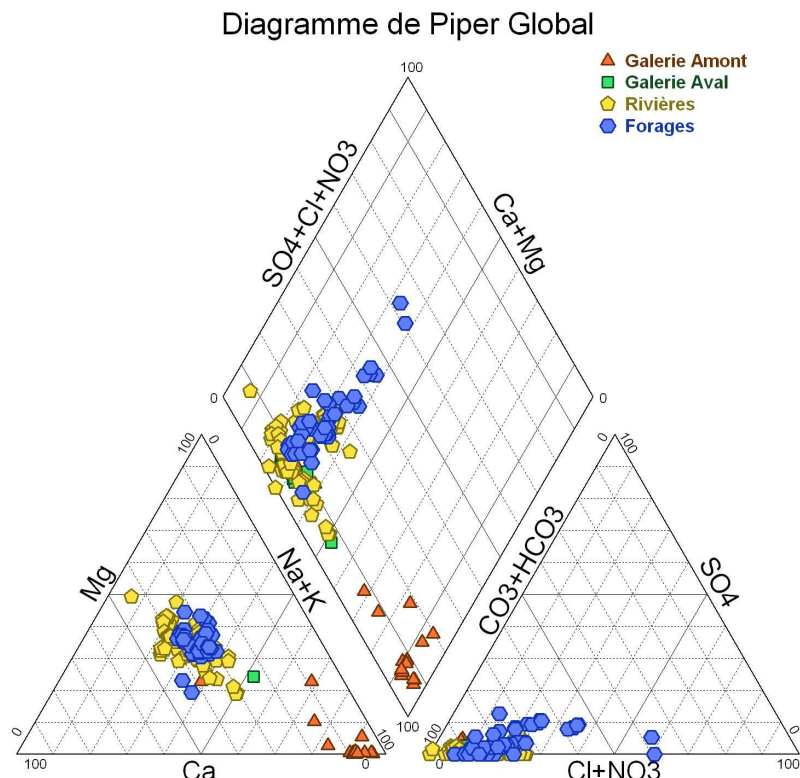


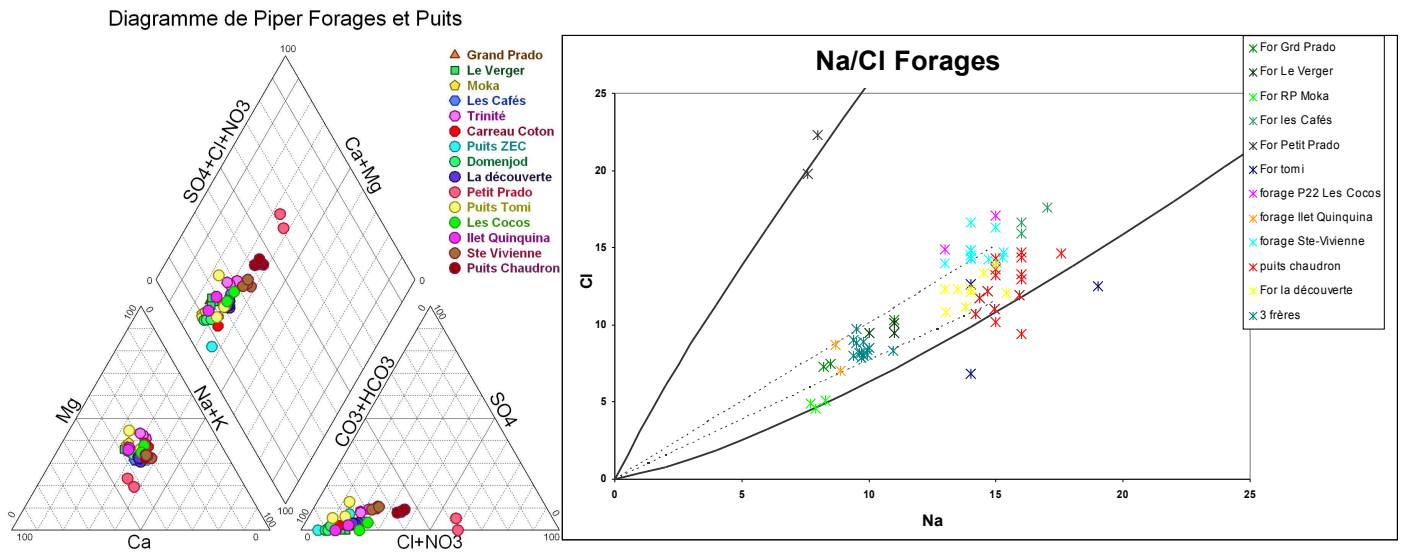
Figure 8: Diagrammes de Piper représentant toutes les catégories d'eau du secteur d'étude

Ce diagramme de Piper met en évidence les faciès des trois grandes catégories d'eau de l'étude.

1. Les eaux de galerie (amont et aval)
2. Les eaux de rivières
3. Les eaux de forages

On observe que les eaux de forages sont principalement de faciès bicarbonaté mixte. Elles présentent des variabilités de concentrations de sodium (entre 7,6 et 19 mg/L). Les eaux de rivières présentent elles aussi globalement un faciès de type bicarbonaté mixte avec cependant des variations en sodium (entre 1,17 et 19 mg/L). Les eaux de galerie diffèrent fortement entre celles de la galerie amont et celles de la galerie aval. En effet les eaux de la galerie aval correspondent au faciès déjà mis en évidence par les eaux de forage et de rivière, tandis que les eaux de la galerie amont présentent un faciès carbonaté sodique et potassique, avec parfois quelques points très proche du pôle purement sodique. Pour pouvoir expliquer et interpréter cette répartition des faciès nous allons en première approche détailler ce diagramme pour chaque catégorie d'eau.

III.1. Caractéristiques des eaux de forages



× Observations

Le faciès mis en évidence par ces eaux de forages et de puits est globalement homogène et est de type bicarbonaté mixte comme nous l'avons vu plus haut. Cependant trois sites montrent un enrichissement en chlore et nitrate: Petit Prado, Puits Chaudron et Sainte Vivienne. De plus on peut voir grâce au diagramme Na/Cl que les eaux de forage se situent principalement entre le domaine intermédiaire et profond

× Interprétations

Les forages de la Réunion sont pour la plupart situés en bordure littorale, ils captent en ces lieux la nappe de base. La nappe de base littorale est le résultat des flux souterrains en provenance des planèzes plus ou moins sous influence marine. En effet les nappes littorales sont vulnérables aux intrusions salines car sous l'effet de l'exploitation accrue des forages pour l'AEP (Alimentation en Eau Potable) l'équilibre entre eau douce et eau saumâtre (biseau salé) est amené à être modifié. Etant donné la forte densité de population et d'infrastructures dans cette zone, on peut émettre l'hypothèse d'une influence des nitrates. Nous allons essayer de mettre en évidence la part de ces phénomènes dans la minéralisation des sites qui se démarquent du faciès moyen.

III.1.a Petit Prado

Concernant le positionnement dans le domaine superficiel de cet échantillon, cela s'explique par la présence d'une venue d'eau particulière ayant une conductivité de $450 \mu\text{S}/\text{cm}$. Elle correspond à un niveau bréchique à gros débris par lequel transite une eau enrichie en chlorure de sodium, empreinte de la proximité d'une intrusion saline. Il semble dans le cas de ce forage que le déplacement vers le pôle chloruré puisse être imputé directement à l'empreinte de cette intrusion saline. De plus nous ne disposons pas d'information sur les teneurs en nitrates de ces eaux.

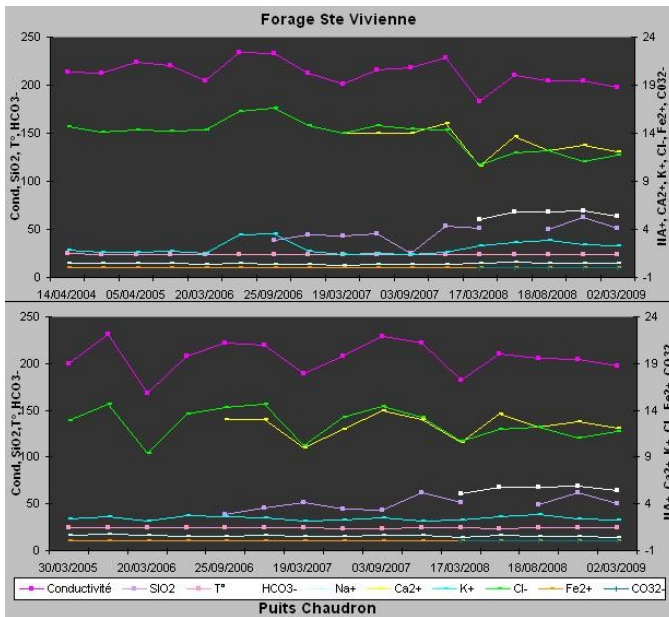


Figure 10a: Evolution des paramètres physico-chimiques au cours du temps des puits Chaudron et forage Sainte Vivienne

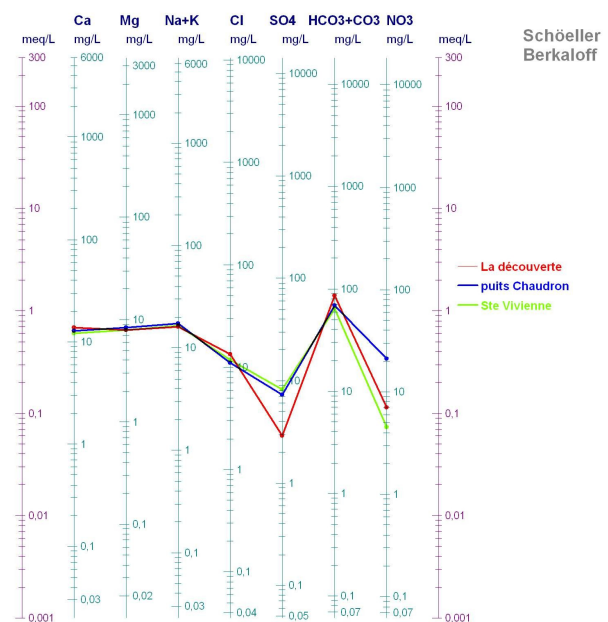


Figure 10b: Diagramme de Schoeller des puits Chaudron et forage Sainte Vivienne

III.1.b Puits Chaudron

× Observations

On observe une augmentation interannuelle de la conductivité et des concentrations en chlorures, sodium, calcium, sulfates et magnésium (Figure 10a). Dans le diagramme de Schoeller (Figure 10b), les eaux du forage de La Découverte sont prises comme référence, cependant ce choix n'est pas optimum car il est difficile de pouvoir considérer 3 analyses ayant les mêmes paramètres mesurés. D'après ce diagramme on observe qu'il y a une forte augmentation en sulfate et en nitrate.

× Interprétations

Les variations saisonnières peuvent être contrôlées par les fluctuations d'une intrusion saline selon la période (hautes eaux ou basses eaux). De plus la part des nitrates est peut être due à l'activité humaine car elle est non négligeable (en moyenne 21 mg/L). Ces deux facteurs tendent à expliquer la migration de ces eaux vers un faciès plus chloruré et sulfaté.

III.1.c Sainte Vivienne

De même que pour les eaux du Puits du Chaudron on observe des variations interannuelles de la conductivité, des chlorures, du sodium et du potassium (Figure 10a). Ces paramètres sont également en hausse pendant les basses eaux. Cependant, les eaux de forage Sainte Vivienne contiennent des nitrates. Il est difficile d'en voir l'évolution car nous ne possédons pas d'analyses des nitrates sur ce site. On peut quand même mettre en évidence leur présence de l'ordre de 4,5 mg/L grâce aux chroniques de l'Office.

III.2.b Rivière Sainte Suzanne

Les fortes valeurs de chlorures (300 à 2300 mg/L) de la rivière Sainte Suzanne aval s'expliquent par une variation de l'équilibre du biseau salé.

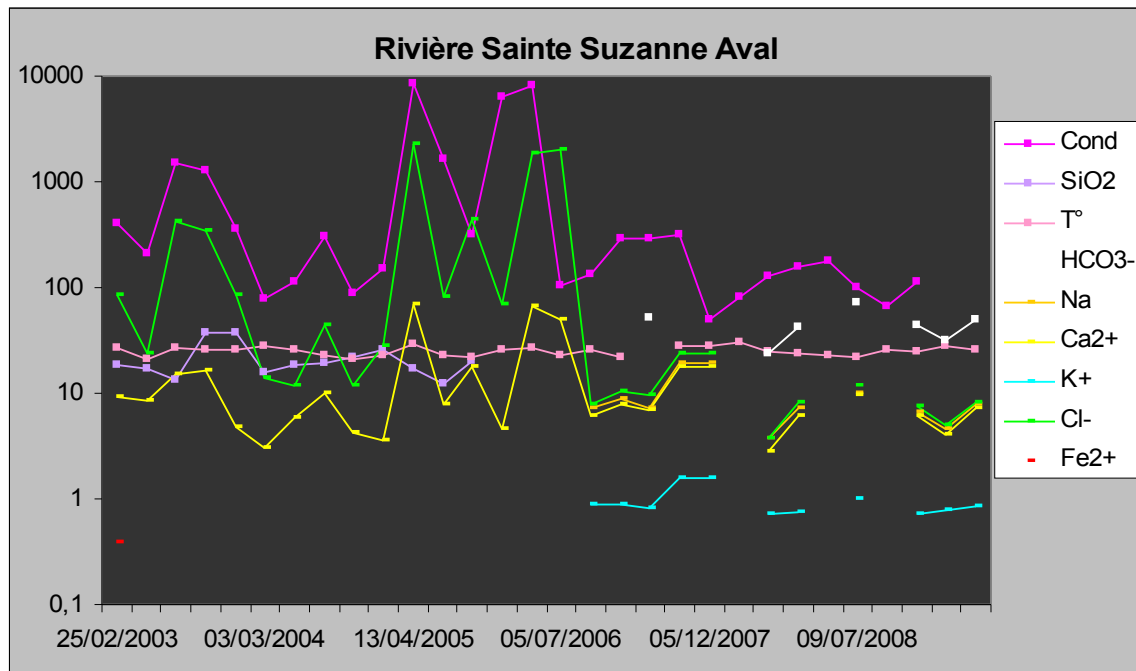


Figure 12: Evolution des paramètres physico-chimique au cours du temps de la rivière Sainte Suzanne aval

Ce graphique (Figure 12) permet de mettre en évidence des pics de conductivité associés à des pics de concentrations en chlore et en de moindre mesure en calcium. Nous n'avons pas assez de mesures concernant le sodium cependant le peu que nous avons est très bien corrélé avec les concentrations en chlore et calcium; on peut donc supposer que l'évolution des concentrations en sodium est similaire à l'évolution des concentrations en calcium et chlore. Notons que ces augmentations se présentent sous forme de pics plus ou moins importants et sans périodicité. Ces pics correspondent à la rupture épisodique du cordon littoral permettant une entrée brusque et importante d'eau de mer.

III.3 Caractéristiques des eaux de galeries

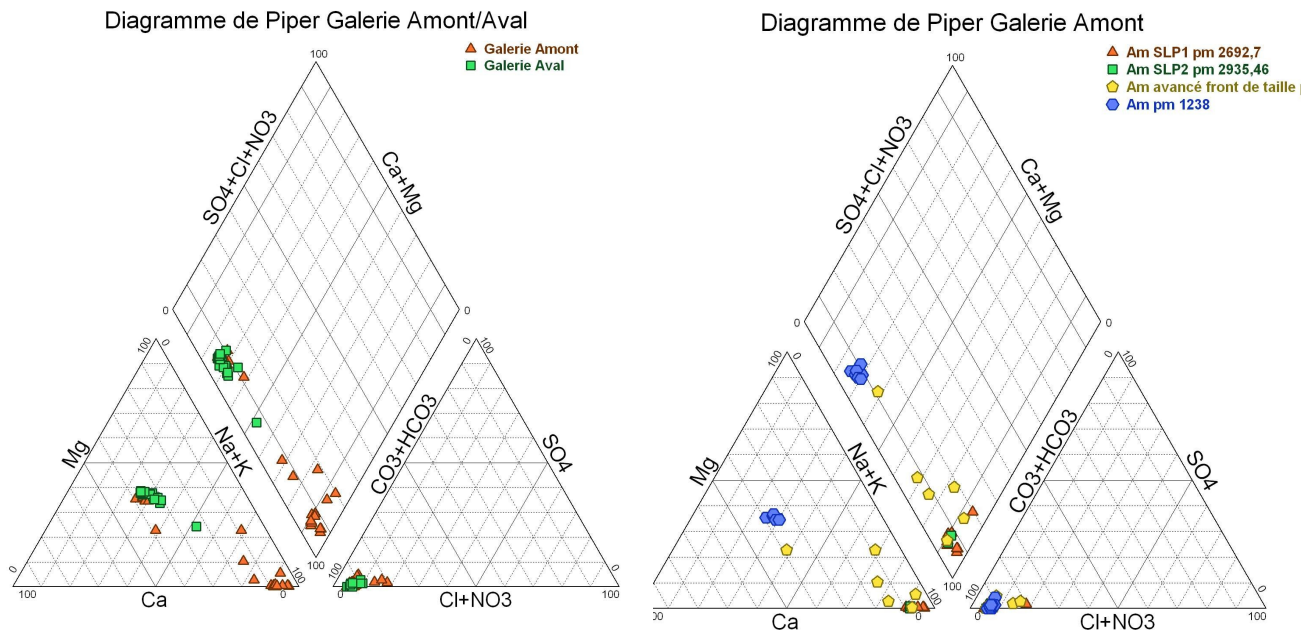


Figure 13: Diagrammes de Piper des eaux des galeries de Salazie

× Observations

Les eaux de la galerie aval présentent un faciès très homogène de type bicarbonaté mixte en concordance avec les eaux de rivières et de forages. Cependant, les eaux de la galerie amont présentent un faciès principalement carbonaté sodique. Les eaux les plus proches du pôle sodique sont celles des points SLP1 ET SLP2.

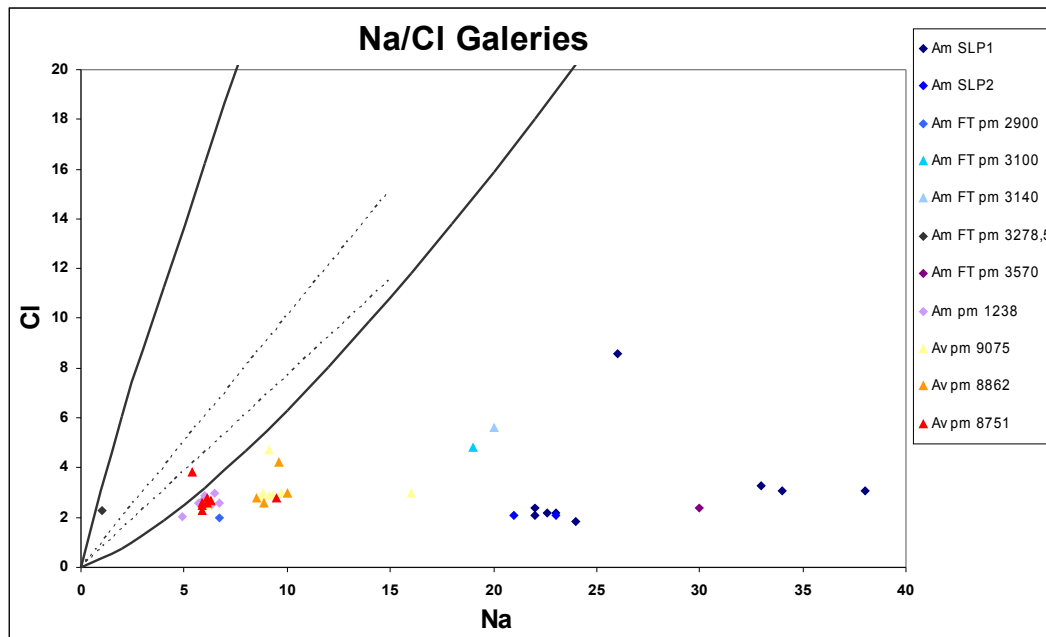


Figure 14: Représentation du rapport Na/Cl des eaux des galeries de Salazie

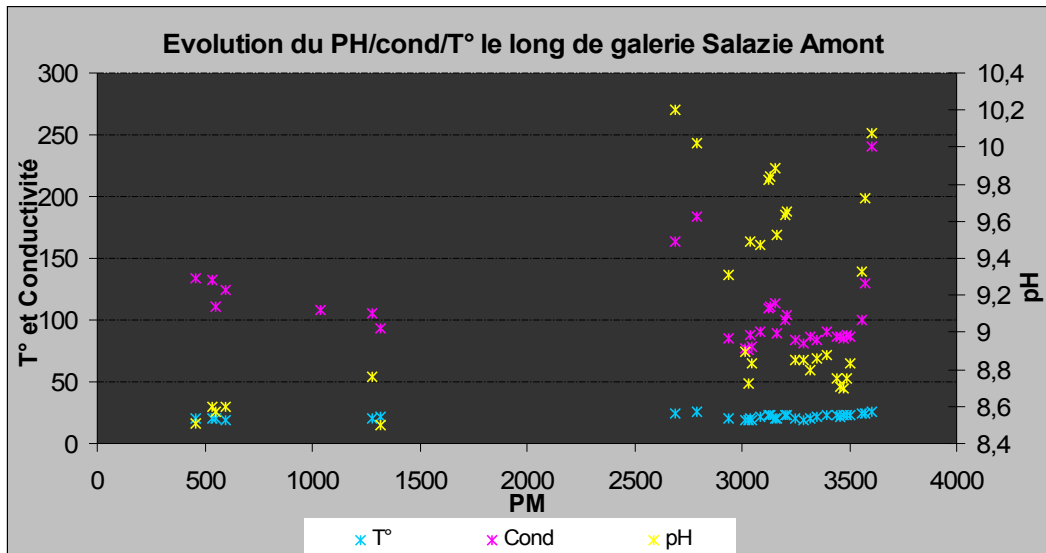


Figure 15: Evolution des paramètres physico-chimique (pH/cond/T°) le long de la galerie Salazie amont en fonction des points métriques

× Observations

Les eaux des galeries ont toutes une origine profonde (Figure 14), cependant il existe des différences entre les eaux de la galerie amont et aval. En effet, comme vu dans les diagrammes de Piper (Figure 13) précédents, les eaux de la galerie amont présentent des concentrations en sodium bien plus importantes (de 4,9 à 38 mg/L). Dans ce cas-là aussi les eaux présentant les concentrations les plus fortes sont celles du point SLP1 (de 22 à 38 mg/L) qui se trouvent au point métrique 2700, tandis que les eaux du point métrique 1238 présentent des concentrations en sodium très proches de celle de la galerie aval (galerie aval: en moyenne 8,2 mg/L; pm 1238: en moyenne 6 mg/L). Il est intéressant d'étudier les paramètres tels que la température, le pH et la conductivité qui sont directement liés à la minéralisation (Figure 15). On constate (Figure 15) que ces données se corrèlent assez bien à celles concernant les concentrations en éléments chimiques tels que le sodium. Les eaux présentant les concentrations les plus fortes en sodium sont également celles qui ont des pH proche de 10. Les processus aboutissant à ces augmentations de pH constituent un axe intéressant et important d'étude pour la compréhension des processus de dissolution et/ou de dépôt d'une possible minéralisation secondaire.

III.3.a Etudes des équilibres calco-carboniques

Définition: La mise en solution des carbonates fait intervenir non seulement une phase solide carbonatée et une phase liquide, le solvant, mais aussi une phase gazeuse. Ces trois phases constituent le système calco-carbonique. Un ensemble de réactions physiques et chimiques entre ces phases conduit à la mise en solution du solide. L'étude des équilibres calco-carboniques permet d'aboutir à la définition de l'état d'équilibre de la solution. Celle-ci est définie comme étant soit sursaturée, c'est-à-dire que les conditions sont favorables à une précipitation des carbonates de calcium, soit elle est définie comme étant sous saturée, c'est-à-dire que les conditions sont favorables à une dissolution des carbonates de calcium.

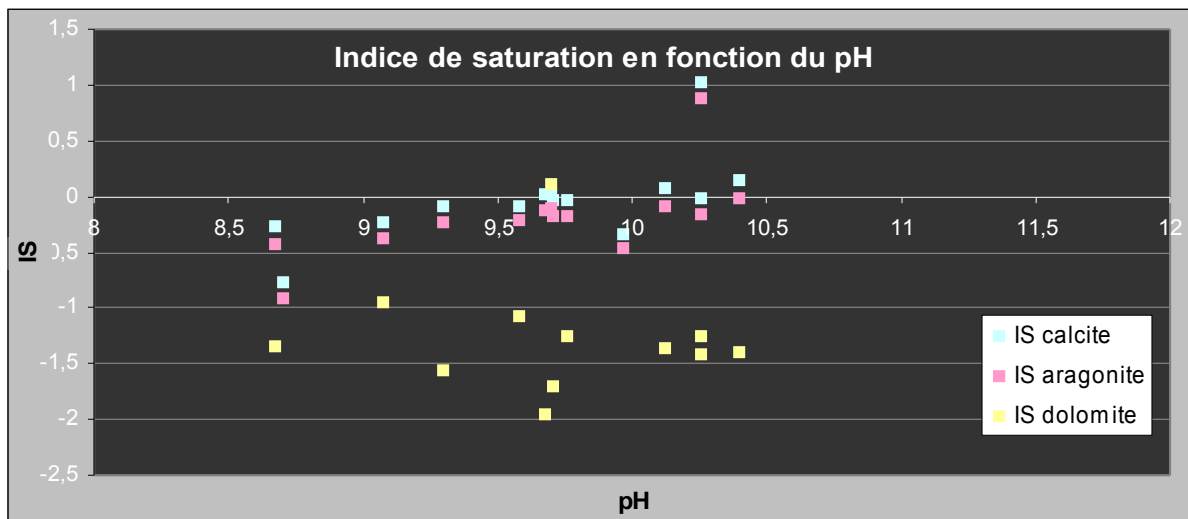


Figure 16: Evolution des indices de saturation en fonction du pH

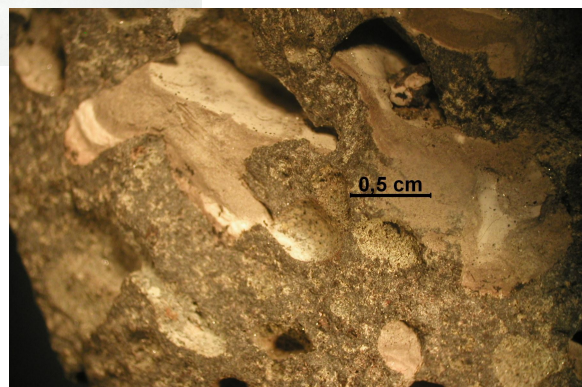
D'après la figure 16 on peut voir que globalement les indices de saturation sont négatifs ce qui induit des processus de dissolution. Notons qu'ils tendent à devenir positif aux abords de pH très basique (~10).

Des échantillons de roches ont été prélevés dans la galerie Salazie amont lors de notre visite du 18 Mai 2009. Celles-ci présentent des vacuoles remplies de sédiments, avec une limite marquée entre deux produits de minéralisations. Ne connaissant pas la composition de ces sédiments, et aux vues des études faites notamment par L. Bret il semblerait que cela puisse être des argiles. Il existe deux types d'argiles: les argiles résiduelles dues à une altération qui se produit sur place et les argiles néoformées qui proviennent de la précipitation de solution sursaturée. Il est difficile à première vue de déterminer de quelle type d'argile il s'agit dans notre cas.

La présence de ces argiles est une hypothèse à étudier en relation avec les concentrations en sodium de cette zone.



Photo n°1 et n°2: Echantillon de basalte présentant des vacuoles remplies par des minéraux secondaires



III.3.b. Comparaison des différents types d'eau

Globalement ce qui ressort de cette étude est l'absence de contraste de faciès chimique forts entre les différents types d'eau, à l'exception des eaux de la galerie Salazie amont. En effet ces eaux indiquent des concentrations importantes en sodium, associées à des pH de 10 ainsi qu'à des indices de saturations qui diffèrent des autres types d'eaux (Tableau 4). Tandis que les eaux de forages, de rivières, de galerie (aval) présentent globalement un faciès chimique de type bicarbonaté mixte, ainsi que des concentrations de sodium assez semblables compte tenu du fait que certains forages du littoral peuvent avoir une influence plus ou moins forte de la mer. Malgré les études des équilibres calco-carboniques il n'est pas évident de comprendre quelle est l'origine de ces eaux fortement sodiques.

	conductivité		T°		pH		Na		Ca		Mg		K		Cl		SiO2		HCO3	
	Moy	Ecrtp	Moy	Ecrtp	Moy	Ecrtp	Moy	Ecrtp	Moy	Ecrtp	Moy	Ecrtp	Moy	Ecrtp	Moy	Ecrtp	Moy	Ecrtp	Moy	Ecrtp
Galerie Amont	108,01	26,39	23,20	2,13	8,31	0,56	17,43	9,44	3,11	2,46	1,85	1,70	2,39	1,62	3,13	1,35	22,79	13,30	39,93	14,58
Galerie Aval	133,50	18,99	20,01	0,42	8,16	0,09	9,44	1,77	9,06	0,57	6,04	0,50	1,61	0,17	3,13	0,22	34,15	2,52	78,44	7,31
Rivière	178,29	298,53	19,80	2,72	7,91	0,38	5,76	2,29	7,93	3,55	6,01	6,70	0,74	0,20	27,65	83,81	21,35	6,10	49,32	18,98
Forage	182,63	35,71	23,24	1,13	7,53	0,67	12,16	2,92	12,45	2,10	9,12	6,23	1,45	0,46	11,13	4,30	34,92	9,40	75,60	20,05

Tableau 3: Moyennes et écartypes des principaux caractères physico-chimiques

	Moyenne IS calcite	Ecartype IS calcite	Moyenne IS aragonite	Ecartype IS aragonite	Moyenne IS dolomite	Ecartype IS dolomite	Moyenne pH	Ecartype pH	Moyenne sodium	Ecartype sodium
Galerie amont	-0,56	1,01	-0,62	0,93	-1,76	1,63	9,41	0,64	17,53	10,35
Galerie aval	-0,92	0,64	-1,07	0,64	-2,31	1,28	8,25	0,22	8,26	2,46
Rivière	-1,31	0,69	-1,46	0,69	-3,12	1,35	7,86	0,50	6,43	2,86
Forage	-1,37	0,28	-1,52	0,28	-3,19	0,60	7,15	0,40	12,69	2,94

Tableau 4: Moyennes et écartypes des différents indices de saturation en fonction du type d'eau considéré

D'après ce tableau on peut voir qu'il y a une différence entre les eaux de la galerie Salazie amont et les autres types d'eau. Cependant la différence n'est pas flagrante car il existe des variations au sein même des eaux de la galerie amont (les écartypes important en sont l'expression), les eaux du pm 1238 sont plus proches de la galerie aval. En effet, les particularités se trouvent surtout entre les pm 2600 et 3600 de la galerie amont. Concernant la conductivité, le chlore et les bicarbonates, c'est l'influence des concentrations de la rivière Sainte Suzanne aval qui induit des moyennes et écartype si forts (Tableau 3).

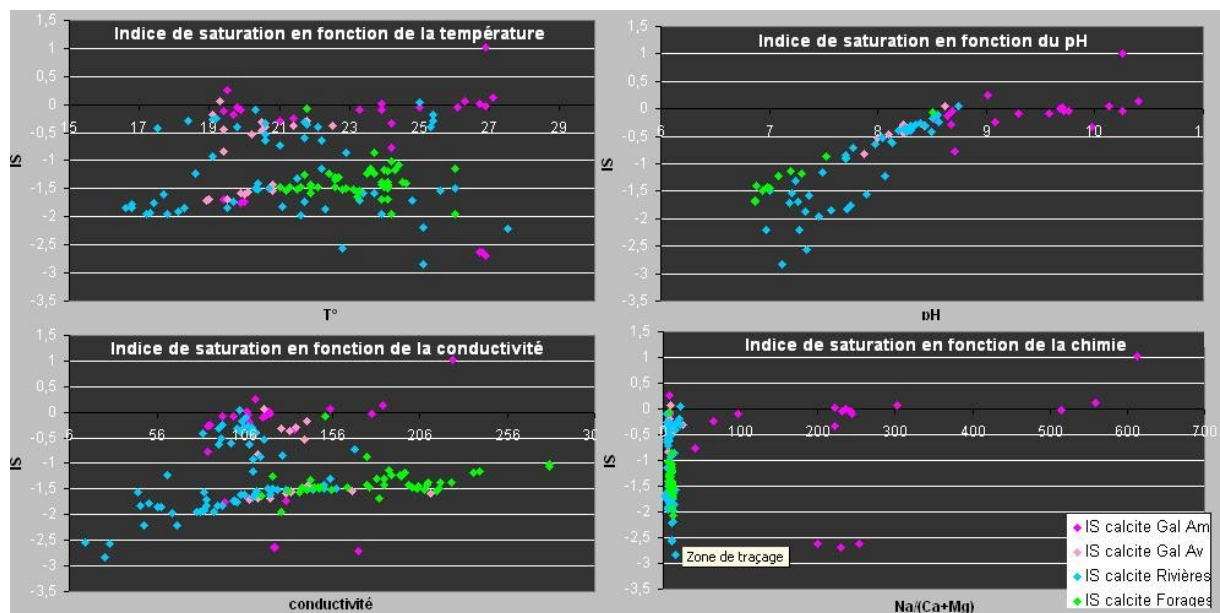


Figure 17: Evolution de l'indice de saturation de la calcite en fonction des paramètres physico-chimiques (pH/cond/T°/(Na/(Ca+Mg))).

Ces graphiques illustrant l'évolution de l'indice de saturation de la calcite en fonction de plusieurs paramètres que sont le pH, la température, la conductivité et la chimie tendent à montrer une nouvelle fois la singularité des eaux de la galerie Salazie amont.

III.3.c Les orientations d'études et perspectives

Plusieurs pistes sont à développer pour améliorer l'étude des eaux de galeries. Des méthodes de datation ont été mises en place sur 14 points de mesure réparties sur tous les secteurs d'étude. Il serait intéressant d'échantillonner une eau ayant les mêmes caractéristiques chimiques que celles de la galerie Salazie amont dans un autre secteur pour comparer les âges des ces deux eaux.

D'autres part les analyses chimiques des formations argileuses déposées dans les vacuoles des échantillons rocheux prélevés dans la galerie nous apporteraient beaucoup de précisions quant à la nature de ces formations ainsi que les conditions thermodynamiques à l'origine de leur dépôt. Ces analyses nous permettraient de mieux comprendre quelle a été l'évolution des équilibres au sein de ces formations.

La continuité d'une surveillance de la nappe de base à travers le suivi notamment des eaux de forages semble indispensable pour pouvoir au mieux contraindre le possible impact de la construction et de la mise en service des galeries aux cours des prochaines années. La piézométrie, bien qu'elle n'intervienne pas dans cette étude est un facteur très important à prendre en compte dans l'étude global de l'impact du fonctionnement des galeries.

Conclusion

Ce stage au sein de l'Office de l'eau a été très bénéfique, il m'a permis de prendre conscience du fragile équilibre qui existe entre le fonctionnement naturel d'un système hydrogéologique et des infrastructures humaines favorables au développement d'une société. Beaucoup de facteurs sont à prendre en compte, notamment les relations qui existent entre chaque compartiment d'un système hydrogéologique. C'est pour cela que l'étude porte sur tout un secteur.

L'étude des eaux du secteur Nord du Piton des Neiges s'est déroulée selon trois étapes principales:

- une compilation d'informations sur le projet de transfert des eaux et les données hydrogéologiques du secteur d'étude
- une étude de la cohérence des données dont l'obstacle principal a été l'hétérogénéité des analyses
- l'élaboration et l'interprétation des différents diagrammes

Pour conclure, les caractéristiques des différents types d'eau que sont les eaux de galeries, de rivières et de forages sont de mieux en mieux contraintes. Cependant l'origine des venues d'eau de la galerie amont présentant de forts pH (~10) et de fortes concentrations en sodium (~30 mg/L) n'est toujours pas connue avec précision. L'intérêt pour les équilibres calco-carboniques était une première approche qu'il serait intéressant d'approfondir. Les enjeux économiques du transfert des eaux d'Est en Ouest sont importants, il est donc primordial d'étudier quel est et quel sera l'impact de la fin des travaux de cette infrastructure d'une part et de sa mise en service d'autre part. Cela passe notamment par l'étude de l'évolution piézométrique et physico-chimique de la nappe de base littorale entrepris par l'Office de l'Eau Réunion. La préservation de celle-ci est un enjeu important pour l'AEP (Alimentation en Eau Potable) de plusieurs villes de l'île. En effet les forages littoraux pompent l'eau pour la distribution d'eau potable dans cette ressource.

Pour finir, ce premier rapport me permet de faire un état des lieux afin d'orienter la suite de ce stage. Tout cela m'aura permis d'avoir un premier aperçu de ce que peut être la mission d'un hydrogéologue dans un cadre professionnel.

Liste des illustrations

Figure 1: Localisation de l'île de La Réunion.....	4
Figure 2: Cadre morpho-structural des émergences des nappes d'altitude.....	5
Figure 3: Pluviométrie moyenne annuelle des La Réunion en mètres (Source Météo France).....	6
Figure 4: Tracé de la galerie Salazie (Source Département Réunion).....	7
Figure 5: Répartition des points de mesure sur le secteur d'étude (Source Office de l'eau).....	9
Figure 6: Interface de commande du logiciel DIAGRAMME	11
Figure 7: Diagrammes de Piper et de Schoeller Berkaloff vierges.....	12
Figure 8: Diagrammes de Piper représentant toutes les catégories d'eau du secteur d'étude.....	13
Figure 9: Diagrammes de Piper et représentation du rapport Na/Cl des eaux de forages.....	14
Figure 10a: Evolution des paramètres physico-chimique au cours du temps des puits Chaudron et forage Sainte Vivienne.....	15
Figure 10b: Diagramme de Schoeller des puits Chaudron et forage Sainte Vivienne.....	15
Figure 11: Diagrammes de Piper et représentation du rapport Na/Cl des eaux de rivières.....	16
Figure 12: Evolution des paramètres physico-chimique au cours du temps de la rivière Sainte Suzanne aval.....	17
Figure 13: Diagrammes de Piper des eaux des galeries de Salazie.....	18
Figure 14: Représentation du rapport Na/Cl des eaux des galeries de Salazie.....	18
Figure 15: Evolution des paramètres physico-chimique (pH/cond/T°) le long de la galerie Salazie amont en fonction des points métriques.....	19
Figure 16: Evolution des indices de saturation en fonction du pH.....	20
Figure 17: Evolution de l'indice de saturation de la calcite en fonction des paramètres physico-chimiques (pH/cond/T°/ (Na/ (Ca+Mg))).....	21
Tableau 1: Décompte du nombre d'analyse.....	10
Tableau 2: Décompte du nombre d'analyse en dessous du seuil de détection.....	10
Tableau 3: Moyennes et écartypes des principaux caractères physico-chimiques.....	21
Tableau 4: Moyennes et écartypes des différents indices de saturation en fonction du type d'eau considéré.....	21
Photo n°1 et n°2: Echantillon de basalte présentant des vacuoles remplies par des minéraux secondaires.....	20

Bibliographie

- Bakalowicz, M., 1979. Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification.
- Bret, L., 2002. Minéralogie et géochimie des séries anciennes du Piton des Neiges: Modélisation et implication hydrogéologiques
- Bret, L., Fèvre, Y., Join, J.-L., Robineau, B. and Bachèlery, P., 2003a. Deposits related to degradation processes on Piton des Neiges volcano (Reunion Island) : overview and geological hazard. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*.
- Custodio, E., Datos sobre la hidraulica de las galerias de captacion de aguas subterraneas de Famara, Lanzarote (Islas Canarias, Espana)
- Fèvre, Y., 2005. Mécanismes et vitesses d'érosion à l'échelle géologique sur une île volcanique jeune à relief élevé – La Réunion (Océan Indien)
- Grunberger, O., 1989. Etude géochimique et isotopique de l'infiltration sous climat tropical contrasté – Massif du Piton des Neiges – Ile de La Réunion
- Hoareau, J.-L., 2001. Etude de la minéralisation des eaux au contact de la série magmatique différenciée de l'île de La Réunion.
- Join, J.-L., 1991. Caractérisation hydrogéologique du milieu volcanique insulaire, Le Piton des Neiges
- Observatoire Réunionnais de l'eau, Février 1997. Étude d'impact du transfert Est-Ouest équipement préalable à la mobilisation des aquifères de l'Est. Programme 1992
- Observatoire Réunionnais de l'eau, 2002. Étude préliminaire de l'impact de la galerie du transfert sur la ressource en eau du secteur de la rivière des Pluies.
- Office de l'eau, Juin 2007. Étude des circulations d'eau (rivières, galeries Salazie, ...) des systèmes hydriques du secteur de Saint-Denis / Sainte-Marie. Rapport intermédiaire année 2
- Office de l'eau, Mai 2008. Étude des circulations d'eau des systèmes hydriques du secteur Saint-Denis / Sainte-Marie. Rapport année 2

Remerciements

Je tiens à remercier l'Office de l'Eau Réunion de m'avoir permis de faire ce stage et de ce fait de m'offrir ma première expérience dans le monde professionnel.

Merci à M. Julien BONNIER d'avoir proposé ce sujet de stage à l'université et d'avoir accepté d'être mon tuteur.

Je remercie le Laboratoire des Sciences de la Terre de l'université de La Réunion et M. Jean-Lambert JOIN de m'avoir accueilli et aidé durant les deux mois qui se sont écoulés et pour le mois à venir.

Pour finir je tiens à remercier M. Eric Nicolini sans qui je me serais sûrement perdu dans toutes ces données.

Annexes

Point prélèvement	Intitulé	Code Office	Date prélèvement	heure de prélèvement	Conductivité (µS/cm)	Température (°C)	pH	O2 %	O2 mg/l	Mn2+ (mg/l)	Na+ (mg/l)	Ca2+ (mg/l)	Mg2+ (mg/l)	K+ (mg/l)	Fe2+ (mg/l)	F- (mg/l)	Cl- (mg/l)	SO4 2- (mg/l)	SiO2 (mg/l)	CO32- (mg/l)	HC03- (mg/l)		
Galerie Salazie amont SLP1 pm 2692.7	SLP1	21207	04/04/2007	00h00	122,7	26,8				<0,15	24	1,9	<0,15	1	0,02		1,85	<2,5	14,96	19	25		
			13/06/2007	10h25	123,5	26,7				<0,15	22,61	2,11	0,09	1,02	0,01			2,19	0,9	12,71	19,78	22,12	
			19/09/2007	11h30	171,2	26,9				<0,15	23	2	<0,15	0,9	0,02			2,2	<2,5	13,9	21	20	
			03/12/2007	11h10	118,8	26,1	9,71	52,6	4,16	<0,05	22	1,9	<0,2	0,9	0			2,1	<2	27,4	22	19	
			19/03/2008	9h45	120,3	26,7	9,7	80	6,1	<0,05	22	1,9	<0,2	0,9	0,01			2,4	<2	5,1	18	22	
			21/05/2008	11h50	225	26,9	10,26	93	7,5	<0,05	38	12	<0,2	0,5	0	0,89		3,1	<2	19,1	0	98	
			28/05/2008	11h00	228	26,1	10,25	82	7,9														
			03/09/2008	9h35	184,7	27,1	10,4	66	5,1	<0,05	33	1,1	<0,2	0,7	0,03	0,51		3,3	<2	17,4	37	10	
			03/12/2008	10h45	179	26,9	10,26	88	7,1	<0,05	34	1,2	<0,2	0,8	0,02	0,8		3,1	<2	21,63	38	9	
			27/03/2009	9h25	155	26,3	10,13			<0,05	26	1,6	<0,2	7,8	0,04	0,4		8,6	<2	15,5	27	11	
Galerie Salazie amont SLP2 pm 2335.46	SLP2	21208	03/12/2007	11h45	120,4	25	9,76	52,4	4,14	<0,05	23	1,9	<0,2	0,8	0,18		2,1	<2	15,2	22	18		
			19/03/2008	9h55	107,6	23,9	9,68	63	5,2	<0,05	21	1,6	<0,2	0,7	0,01		2,1	<2	7,1	13	29		
Galerie Salazie amont Front de taille pm 2900	Front	98119	03/12/2007	11h25	85,2	21	8,68	70	6,05	<0,05	6,7	6,4	2,3	1,1	0		2	2	22,7	3	41		
Galerie Salazie amont Front de taille pm 3100	Front	98118	19/03/2008	10h10	99,5	23,9	9,58	88	7,2	<0,05	19	1,5	<0,2	3,7	0,02		4,8	<2	9,5	10	31		
Galerie Salazie amont Front de taille pm 3140	Front	21209	28/05/2008	10h30	93,6	23,3	9,3	85	7,2	<0,05	20	3,5	0,4	5,3	0,02	0,13	5,6	<2	12	12	26		
Galerie Salazie amont Front de taille pm 3278.5	Gal am front pm 3278.5	98117	03/09/2008	10h00	86,6	21,4	9,08	101	8,5	<0,05	14	2,5	1,1	2,3	0,01	0,18	2,3	<2	24,1	1	45		
Galerie Salazie amont Front de taille pm 3440	Gal am front pm 3440	98116	03/12/2008	10h30	84,8	24,2	8,709	100	8,1	<0,05	12	1,6	2,5	3,9	0,01	0,17	<2	<2	52,28	3	44		
Galerie Salazie amont Front de taille pm 3570	Front	98115	27/03/2009	10h45	135	24,2	9,97			<0,05	30	1,1	<0,2	0,6	0,05	0,34	2,4	<2	30,8	30	10		
Galerie Salazie amont pm 1238	pm 1238	21198	13/06/2007	10h05	108,5	19,4				<0,15	5,9	8,2	4,90	1,90	0,01		2,70	2,50	23,24	0,00	65,00		
			19/09/2007	11h20	129,5	20,0				<0,15	6,0	8,1	4,80	1,80	0,02			2,90	<2,5	20,40	2,00	58,00	
			03/12/2007	10h50	116,7	19,9	8,7	75,9	6,7	<0,05	6,0	8,1	4,80	1,70	0,00			2,70	<2	26,30	3,00	56,00	
			19/03/2008	11h00	107,9	19,8	8,69	101	8,9	<0,05	6,5	7,9	4,7	1,9	0			3	<2	24,7	1	59	
			21/05/2008	12h20	109	19,7	8,53	82	7,9	<0,05	5,7	7,8	4,8	1,7	0	0,11		2,6	<2	25,4	0	62	
			03/09/2008	9h10	112,3	19,5	9,01	100	8,9	<0,05	6,3	8	4,6	1,7	0	0,09		2,5	<2	27,6	2	57	
			03/12/2008	9h50	107,2	19,4	8,642	101	8,9	<0,05	6,7	7,9	4,7	1,8	0,01	0,08		2,6	<2	32,78	3	57	
			25/03/2009	10h45	109,2	19,5	8,5	106	8,6														
			04/04/2009	10h26	129,9	19,9				<0,15	9,3	8,9	6,1	1,5	0,02				2,9	<2,5	11,73	0	77
			Galerie Salazie aval pm 9075 (ou pm763)	pm 9075	14485	13/06/2007	9h40	132,9	20,1				<0,15	9,7	9,4	6,2	1,4	0,01		3	<2,5	35,22	0
			19/09/2007	11h10	212	20				<0,15	8,8	8,7	5,7	1,2	0,02		3	<2,5	30,2	0	76		
			03/12/2007	10h00	126,8	20,5	8,43	112,6	9,83	<0,05	16	6,4	4	0,3	0		3	<2	36,4	2	72		
			19/03/2008	11h50	131,8	21,4	8,2	100	8,5	<0,05	9,1	8,9	5,7	3,3	0,01		4,7	<2	21,8	0	74		
			21/05/2008	13h00	140,5	20,2	8	103	9	<0,05	9,1	9,2	6,2	1,2	0	0,11	2,9	<2	37,3	0	82		
			03/09/2008	8h20	141,7	19,1	8,51	106	9,3	<0,05	6,1	8,2	5,1	1,3	0,1	0,11	2,5	<2	35,3	0	85		
			03/12/2008	12h00	135,2	21,8	8,23	101	8,5	<0,05	8,9	9,2	6,5	1,4	0,01	0,09	2,9	<2	52,6	0	81		
			25/03/2009	9h45	144,6	20,4	8,24	123	9,9														
Galerie Salazie aval pm 8862	pm 8862	14486	04/04/2007	10h20	142,3	20,8				<0,15	8,9	11	7,1	1,7	0,02		2,6	<2,5	33,9	0	86		
			13/06/2007	09h35	132,9	20,1				<0,15	8,5	9,3	6,3	1,5	0,01		2,8	2,5	36,29	0	77		
			19/09/2007	11h00	167,2	20,8				<0,15	10	9	6,2	1,2	0,02		3	<2,5	33,2	0	83		
			03/12/2007	10h15		20,5	8,1	87	7,78	<0,05	9,6	8,7	6	2,7	0,01		4,2	2	39,5	0	79		
Galerie Salazie aval pm 8751 (ou pm1077)	pm 8751	14487	04/04/2007	10h14	109	19,9				<0,15	5,9	8,3	5,4	1,4	0,02		2,28	<2,5	34,8	0	64		
			13/06/2007	9h30	113,5	19				<0,15	6,1	8,6	5,4	1,4	0,01		2,6	<2,5	33,06	0	65		
			19/09/2007	11h05	120,4	19,5				<0,15	6,3	8,3	5,3	1,4	0,02		2,7	<2,5	31,9	0	66		
			03/12/2007	10h30	115	19,4	8,23	109,4	9,79	<0,05	6,1	8,5	5,4	1,3	0		2,8	<2	45,1	0	66		
			19/03/2008	11h59	112	20,6	8,28	100	8,6	<0,05	5,9	8,3	5,2	1,4	0,01		2,6	<2	22,2	0	63		
			21/05/2008	13h30	113,4	19,4	7,87	103	9	<0,05	5,4	8,1	5,4	3	0	0,11	3,8	<2	38,2	0	65		
			03/09/2008	8h15	117,3	19,3	8,62	102	9,1	>0,05	9,5	9,2	6	1,3	0,02	0,12	2,8	<2	45,4	0	80		
			03/12/2008	12h12	110,4	22,5	8,26	102	8,5	<0,05	5,9	8,2	5,3	1,3	0,01	0,08	2,5	<2	49,73	0	65		
			25/03/2009	9h50	109,1	19,1	8,12	116	9,5														

Table 1: paramètres physico-chimiques des galeries

Point prélèvement	Intitulé	Code Office	Date prélèvement	heure de prélèvement	Conductivité (µS/cm)	Température (°C)	pH	O2 %	O2 mg/l	Mn2+ (mg/l)	Na+ (mg/l)	Ca2+ (mg/l)	Mg2+ (mg/l)	K+ (mg/l)	Fe2+ (mg/l)	F- (mg/l)	Cl- (mg/l)	SO4 2- (mg/l)	SiO2 (mg/l)	CO32- (mg/l)	HC03- (mg/l)		
Rivière des Pluies - amont Grand Eboulis	RP amont GE	14375	04/04/2007	14h30	84,6	21,1				<0,15	5,2	7,1	3,7	0,9	0,02		1,4	<2,5	26,58	0	51		
			13/06/2007	13h25	90,6	18,3					<0,15	5,4	7,5	3,8	0,9	0,01		1,8	<2,5	23,15	0	52	
			19/03/2007	8h40	93,4	16,8					<0,15	5,9	7,5	3,8	0,8	0,01		1,8	<2,5	22,8	0	56	
			03/12/2007	14h45	91,2	20,6	8,13	98	8,3		<0,05	5,8	7,6	3,8	0,9	0			<2	<2	27,6	0	56
03/09/2008	13h30	93,5	19,2	8,56	100	8,7		<0,05	5,3	7,4	3,7	0,8	0,01	0,08		<2	<2	28,3	0	54			
Rivière des Pluies - aval Grand Eboulis	RP aval GE	14377	04/04/2007	15h20	100,6	21,7				<0,15	8,5	7,4	3,8	0,8	0,06		1,53	<2,5	27,11	0	60		
Rivière des Pluies Ilet Quinquina	RP Ilet Quinquina	21018	18/05/1995		111,00	19,10	7,70	104,00	9,70		8,20	9,70	4,40		0,39		7,10	1,10			66,00		
			30/10/1995		115,00		7,70					8,40	10,40	4,40		0,07		7,10	0,20	17,40	3,00	55,00	
			28/05/1996		117,00	20,60	8,04					8,60	9,20	4,60	0,80			2,70	1,00		0,00	74,40	
			06/11/1996		110,00	18,40	8,30					9,00	10,50	5,20	1,00			2,40	0,90		0,00	65,00	
			24/06/1997		119,00	26,00	7,00					8,52	9,45	4,99	0,67				1,91	1,44		0,00	69,90
			20/10/1997		93,00		8,03					6,02	9,02	4,82	0,88				2,48	0,92		0,33	68,93
			24/03/1998			23,40						14,60	8,70	5,90	1,30				2,50	1,50			72,00
			19/10/1998		128,00	22,90	7,70					12,70	9,20	5,20	1,10				2,50	1,10	30,90		72,00
			31/01/2000		84,60	23,30	7,26					10,09	4,99	10,67	1,11				3,06	1,1	24,07		50,26
			31/01/2000		91,30	23,00	7,26					11,23	6,02	10,42	0,98				3,02	1,13	26,34		
			01/02/2000		101,60	24,00	7,25					11,86	5,96	12,23	0,83				2,98	1,17	26,99		
			02/02/2000		99,90	23,40	7,50					8,73	10,43	8,32	0,85				3,25	1,12	27,25		
			03/02/2000		111,40		7,73					9,28	10,83		0,85				3,23	1,26	28,25		
			07/03/2000									4,90	11,20	9,00	1,20	0,06			11,10	4,00	29,00		
			07/03/2000									9,30	8,00	6,30	1,70	0,06			6,70	3,00	26,60		
			26/09/2000									7,28	9,06	4,79	0,66				2,73	1,08			
			06/03/2001		130,00							9,90	9,02	4,67	0,42				3,45	1,09			74,42
			18/06/2001		121,80							10,24	9,62	4,73	0,50				2,99	0,95			73,20
			25/09/2001		125,20							9,70	9,32	4,65	0,50				2,24	1,27			71,98
			04/12/2001		112,00							7,94	8,35	5,69	0,72				1,88	0,63			67,34
			25/09/2002			19,70						8,61	7,64	4,36	0,46				2,10	1,10			60,42
			26/02/2003		122,20	27,00	7,58	113,80	8,96				8,02	4,20					2,84	2,32			
			18/06/2003		118,80	21,30	8,02	92,90	8,15				8,47	4,64					2,61	1,93			
			16/09/2003		111,20	23,40	8,29	97,90	8,43				8,22	4,48					2,98	2,02			
			19/11/2003		119,30	20,20	8,03	75,80	6,84				8,53	4,81					2,80	1,50			
			14/01/2004		121,90	22,80	7,99	99,00	8,90				9,78	4,92					2,79	1,22			
			03/03/2004		113,00	25,90	7,91	93,00	7,40				8,78	4,92					3,24	1,49			
			21/04/2004		124,80	25,30	8,17	129,00	10,50				9,15	4,88					2,59	1,69			
			08/09/2004		111,00	24,80	8,64	116,20	9,33				8,48	4,44					2,45	0,72			
			18/01/2005		121,20	27,50	8,17	130,80	9,97				8,17	4,44					2,56	1,20			
			13/04/2005		126,70	25,50	8,44	129,50	10,52				9,35	4,76					2,54	1,41			
			14/06/2005			23,40		128,00	11,07				8,57	4,37					2,07	1,15			
			21/09/2005		109,00	21,90	8,46	77,50	6,72				7,51	4,26					2,56	1,28			
			19/01/2006		114,2	26,3	8,09	99,6	8,08				8,00	4,30					2,10	<2			
			22/02/2006		133	26,3	8,03						9,40	4,30					7,40	2,10			
			19/04/2006		121,60	24,80	7,77	106,00	8,43				8,90	4,10					2,20	<2			
			26/07/2006		122,70	19,70	8,01	113,30	10,30				9,00	4,30					<2	<2			
			30/10/2006		122,30	26,20	8,50	118,00	6,56				10,00	8,70	4,40	0,50			2,10	<2			
			17/01/2007			23,6	8,14						11	7,7	2,9	<0,4			<2	<2			
			14/03/2007		118,1	24,9	8,15						9,3	8,5	4	0,5			<2,5	<2,5	27,8		
			14/05/2007		111,8	23,5	8,28						10	9,3	4,5	0,5			<2,5	<2,5	26,6		
			25/07/2007		122	21,5	8,58						9,2	9,5	4,5	0,4			<2,5	<2,5	30,09		
			29/10/2007		109,7	20	8,21						9,3	8,5	3,9	0,6			2,2	<2	20,4		
			17/12/2007	13h	106,4	23	7,97	99,6	8,27														
			09/01/2008	14h10	58,2	22,3	7,33	99	8,34				5,22	4,5	1,94	0,49			2,26	Traces	15	0	31,84
			15/01/2008	12h20																			
16/04/2008	12h45	105,7	25,4	8,35	98	7,86				10,72	7,75	3,21	0,58			2,09	Traces	20,27	0	62,22			
04/06/2008	13h40	102,5	21,6	8,07	98	8,47												20,6					
16/07/2008	14h40	102	21,7	8,44	97,6	8,43				12,38	6,85	2,59	0,79			2,15	Traces	21,61	0	61,61			
10/09/2008	13h30	105,2	24,4	8,46	100	8,33												22,6					
20/10/2008	10h10	103,2	25	8,74	98,9	8,03				12,14	6,88	2,52	0,83			2,03	Traces	25,9	0,36	61,85			
14/01/2009	11h42	104,8	25,4	8,5						12,46	7,22	3	0,9			2,14	Traces	21,8	2,16	60,39			
15/04/2009	15h30	108,6	25,3	8,19	100,9	8,2				10,91	8,73	3,52	0,73			2,37	Traces	25,15	0	62,83			

Table 2: paramètres physico-chimiques des rivières (1/3)

Point prélèvement	Intitulé	Code Office	Date prélèvement	heure de prélèvement	Conductivité (µS/cm)	Température (°C)	pH	O2 %	O2 mg/l	Mn2- (mg/l)	Na+ (mg/l)	Ca2- (mg/l)	Mg2- (mg/l)	K+ (mg/l)	Fe2- (mg/l)	F- (mg/l)	Cl- (mg/l)	SO4 2- (mg/l)	SiO2 (mg/l)	CO32- (mg/l)	HCO3- (mg/l)				
Rivière Saint-Denis - prise AEP	RSD amont AEP	14015	26/09/2000								4,45	8,25	5,63	0,86			4,25								
			28/02/2001		111							4,2	8,06	5,62	1,09			4,53					58,56		
			12/06/2001		104								4,83	8,11	5,57	0,75			3,64					64,66	
			25/09/2001		106,2								4,44	8,57	5,49	0,71			2,82					59,78	
			19/11/2001										1,17062	8,1737	5,53137	0,366212			2,77					52,24	
			04/12/2001		106,1								5,07	8,02	7	0,63			2,5					63,68	
			26/02/2003		110,3		22,5	7,49	107	9,2				8,57	5,83				3,25	2,12					
			22/07/2003		110		18,8	7,4						8,99	5,99				3,83	2					
			16/09/2003		91		20,2	7,92	97	9,07				8,24	5,81				3,54	1,52					
			17/11/2003		103,4		20,1	8,393	79,9	7,23				9,95	5,69				3,73	1,21					
			14/02/2004		114,7		22,8	8,04	107	9,25					6,01				3,4	0,96					
			26/04/2004		104,7		21,9	8,3	118,3	10,27				8,96	5,99				3,5	1,32					
			04/08/2004		112,6		18,8	8,68	102,8	9,6				9,08	5,98				3,29	1,06					
			21/09/2004		104,3		19,1	8,34	100	9,22				8,67	5,79				3,08	0,4					
			02/02/2005		108		22	7,97	90	7,81				8,04	5,33				3,25	0,86					
			27/04/2005		114		20,4							9,71	6,13				3,53	1,03					
			26/07/2005		109,1		16,9	8,27	111,4	10,8				9,63	6,1				3,33	0,96					
			21/09/2005		107,6		19,1	8,3	100	9,28				8,5	5,73				3,2	1					
			31/02/2006		108,1		21,2	7,91	102,3	8,84				8,8	5,9				2,4	<2,00					
			03/05/2006		112,5		21,3	8,36	123	9,7				8,5	5,7				4,4	<2					
			26/07/2006		111		17,4	7,95	105,6	10,14				9	6				2,8	<2					
			30/10/2006		108,7		20,5	8,24	124	11,02			4,2	8,6	5,8	0,6			2,8	<2					
			10/04/2007	12h20	110,6		22,2	8,11			<0,15	4,7	8,8	6	0,6	0,04			3,2	<2,5	25,23	0	61		
			12/06/2007	13h25	112,2		19,8	8,27			<0,15	5,2	8,9	5,8	0,7	0,03			4	<2,5	21,98	0	61		
			29/10/2007		107,5		19,2	8,42				4,7	8,9	5,8	0,6				3	<2	20,7				
			03/12/2007	14h00	91,2		20,6	8,32			<0,05	4,6	8,9	5,7	0,6	0			3	<2	23,4	0	63		
Rivière Saint-Denis - amont Bras Guillaume	RSD BV amont BG	14489	23/02/2008	09h40	103,9	22,1	8,3	100,8	8,66		4,95	8,15	5,67	0,67			3,26	Traces	30	0	58,44				
			16/04/2008	10h22	111,8	21,8	8,25	99,2	8,5		4,79	8,43	6,19	0,56			3,23	Traces	22,53	0	63,2				
			16/07/2008	10h10	107,9	19,1	8,39	99,9	9,2		4,79	8,37	5,82	0,67			3,08	Traces	21,61	0	63,81				
			20/10/2008	10h40	106,4	20,3	8,55	101,6	8,99		4,53	8,94	5,79	0,64			2,91	Traces	25,6	0	63,56				
			14/01/2009	10h45	108,7	22,2	7,98				4,94	9,12	5,96	0,68			3,34	Traces	23,6	0	62,46				
			15/04/2009	9h50	98,3	21,7	8,12	101,7	8,85		4,39	8,34	5,72	0,62			3,34	Traces	22,6	0	54,29				
Rivière Saint-Denis - amont Bras Guillaume	RSD BV amont BG	14489	18/09/2007	11h05	101,7	17,4				<0,15	4,2	8,4	5,3	0,7	0,03		2,7	<2,5	20,7	0	59				
Source cascade Chaudron	Source Chaudron	14013	18/09/2007	10h00	83	18,1				<0,15	4,1	7,1	4	0,9	0,03		2,1	<2,5	25,04	0	47				
			12/06/2007	9h25	83,2	17,3				<0,15	4,3	6,8	3,8	1	0,04		2,14	<2,5	22,62	0	47				
			18/09/2007	9h55	80,7	17,2				<0,15	3,8	6,7	3,7	0,8	0,05		2,7	<2,5	18,8	1	46				
			03/12/2007	10h20	78,6	17,8				<0,05	3,8	6,6	3,7	0,8	0		2	<2	28,7	0	47				
			15/09/2008	9h55	82,4	17,5	8,49	103	9,5	<0,05	4,1	7	3,9	1	0,06		<2	<2	24,5	0	48				
Bras Laurent amont conf. Riv Ste Suzanne	Radier amont conf. SUZ AM BL	21082	15/09/2008	12h10	51,8	16,8	7,75	106	9,5	<0,05	3,2	3,2	2,6	0,3	0,04	0,06	3,3	<2	11,9	0	25				
Riv Ste Suzanne amont conf. Bras Laurent		21083	15/09/2008	12h00	46,6	16,6	7,72	104	9,4	<0,05	3,7	3,4	1,6	0,5	0,03	0,09	3,1	<2	12	0	22				
Rivière Sainte-Suzanne - Bassin Grondin	RSUZ amont	22144	18/10/2006		29,5	21,2	7,17										<2	2,9	<2						
			19/04/2006		44,7		21,2	7,31						3,1	1,9				3,5	<2					
			05/07/2006		39,8		17,9	7,33						3,7	2,6				17,2	2,6					
			08/11/2006		77,5		21,8	7,59						5,2	4,5	2,7	0,7		5,9	<2					
			04/04/2007		55,8		22,3	7,71						4,4	3,6	2,3	0,7		4,1	<2,5	14,42				
			04/07/2007		54,9		19,25	7,92						3,9	3,4	2,1	0,5		5,5	<2,5	9,91				
			18/09/2007	15h00	15								<0,15	3,4	3	1,7	0,5	0,14		3,9	<2,5	8,9	0	19	
			03/10/2007	12h00	85,6		21	8,28	100,7	8,06				4,6	4,3	2,5	0,6		5	<2,5(eq)	11,4				
			03/12/2007		88,4		23,9						<0,05	6,3	6,1	3,4	0,9	0,04		6,6	<2	18,8	0	41	
			02/01/2008	15h00	26,1		25,1	7,12	100,1	8,29				2,37	1,49	0,93	0,39			2,83	Traces	7,7	0	14,15	
			05/03/2008	12h43	65		21,6	7,46	102	9				4,15	3,54	2,07	0,54			4,14	Traces	15,5	0	23,79	
			04/06/2008	12h00	43,7		18,9	7,18	97,7	8,63															11,5
			09/07/2008	14h40	62		18,6	8,07	97,1	8,69				4,6	4,35	2,37	0,54			4,61	Traces	13,08	0	29,4	
			10/09/2008	10h50	63,1		21,8	8,08	101,2	8,59															13
			20/10/2008	10h30	56,5		19,5	7,57	104	9,2				4,01	3,73	2,24	0,49			4,21	Traces	14,2	0	25,62	
			07/01/2009	12h25	29,2		22,8	7,34	96,4	7,86				2,2	1,9	1,18	0,37			2,27	Traces	6,9	0	13,91	
01/04/2009	11h40	45,4		23,2	7,9	99	8,05				3,54	3,48	1,89	0,49			3,33	Traces	12,6	0	20,98				

Table 3: paramètres physico-chimiques des rivières (2/3)

Point prélèvement	Intitulé	Code Office	Date prélèvement	heure de prélèvement	Conductivité (µS/cm)	Température (°C)	pH	O2 %	O2 mg/l	Mn2+ (mg/l)	Na+ (mg/l)	Ca2+ (mg/l)	Mg2+ (mg/l)	K+ (mg/l)	Fe2+ (mg/l)	F- (mg/l)	Cl- (mg/l)	SO4 2- (mg/l)	SiO2 (mg/l)	CO32- (mg/l)	HCO3- (mg/l)		
Rivière Sainte-Suzanne - Embouchure	RSUZ aval	22057	25/02/2003		403	27	7,06	103,4	8,21			9,23	10,82				83,17	10,98					
			18/06/2003		207	20,8	8	82,3	7,44				8,64	8,04				24,14	4,28				
			17/09/2003		1535		26,3	7,72	93,6	8,06				14,86	32,34				428,84	53,22			
			28/10/2003		1300		25,3	7,33	105	8,33				16,1	29,35				342	47,93			
			03/02/2004		365		25,3	7,17	61,9	123,7				4,81	7,36				83,4	12,69			
			03/03/2004		79		28,1	6,53	82	6,3				2,99	2,73				14,11	2,64			
			27/04/2004		114,2		25,4	7,06	60,5	5,05				5,91	4,79				11,91	2,61			
			21/07/2004		303		22,7	7,52	86	7,5				9,8	9,35				43,57	6,16			
			21/09/2004		89,6		21	7,045	114,4	10,08				4,21	3,52				11,73	1,8			
			25/10/2005		150		22,8	6,7	114	10,7				3,54	3,84				27,87	5,01			
			13/04/2005		8480		29,3	7,92	281	22				70,18	165,5				2305,9	346,91			
			14/06/2005				22,8		96,2	8,43				7,94	10,08				80,8	11,04			
			28/09/2005		1850		21,7	7,5	88	7,9				17,63	34,34				444,77	60,98			
			18/10/2006		320		25,3	7,47	84,1	7,14				4,6	6,4				67,8	9,6			
			19/04/2006		6310		26,5	7,06	93	7,48				66	190				1860	375			
			05/07/2006		8070		23	6,97	97					49	130				1980	264			
			04/04/2007		105,2		25,5	7,13					7,3	6,2	4,7	0,9			7,9	<2,5	18,66		
			04/07/2007		1314		21,9	7,31					8,9	7,9	6	0,9			10,4	<2,5	17,29		
			18/09/2007	16h00								<0,15	7,2	6,9	5,3	0,8	0,39		9,5	<2,5	13,3	0	51
			03/12/2007	15h00	295		28,3	7,6					19	18	16	1,6			24,1	3,3	36,8		
05/12/2007	10h35	295		28,3	7,6	79,8	6			19	18	16	1,6			24,1	3,3	36,8					
17/12/2007	14h50	310		30,1	7,5	95,5	7,17																
02/10/2008	14h30	48,7		25,1	7,27	99,8	8,04			3,67	2,84	1,94	0,72			3,79	Traces	15,7	0	23,42			
05/03/2008	11h00	83		23,7	7,37	99	8,3			7,06	6,02	4,36	0,74			8,01	Traces	18,8	0	41,6			
04/06/2008	14h00	130,2		22,6	6,92	84,6	7,27													19,6			
09/07/2008	14h10	155,2		21,5	7,24	85,3	7,25			10,17	9,78	7,11	0,99			11,96	2,18	21,61	0	71,86			
10/09/2008	13h10	175		25,7	7,45	91	7,33													26			
20/10/2008	14h10	99,4		24,8	7,18	114	9,5			6,88	6,03	4,45	0,72			7,63	Traces	17,4	0	44,04			
07/10/2009	13h07	67,2		27,5	6,97	91,5	7,18			4,57	3,97	2,85	0,78			4,97	Traces	12,1	0	30,99			
01/04/2009	11h10	113		25,6	7,21	97,2	6,95			7,9	7,34	5,25	0,86			6,21	Traces	19,8	0	50,63			
Source Apollon	Source Apollon	21006	03/04/2007	9h56	145,4	20,4				<0,15	7,5	13	5,9	1	0,02		7,8	<2,5	24,14	0	61		
			12/06/2007	11h40	151,2	20,4					<0,15	7,7	14	5,8	1	0,03		7,9	<2,5	29,47	0	72	
			18/09/2007	14h00	151,4	20,3					<0,15	7,1	13	5,7	0,9	0,02		8,2	<2,5	26,3	0	62	
			03/12/2007	16h10	158,6	20,7					<0,05	7,1	13	5,9	0,8	0,06		8,1	<2	34,2	0	62	
			08/09/2008	10h35	169,2	21	7,77	93	8,2	<0,05	7,5	13	6	1	0,01	0,06		8,3	<2	33,5	0	63	

Table 4: paramètres physico-chimiques des rivières (3/3)

Point prélèvement	Intitulé	Code Office	Date prélèvement	heure de prélèvement	Conductivité (µS/cm)	Température (°C)	pH	O2 %	O2 mg/l	Mn2+ (mg/l)	Na+ (mg/l)	Ca2+ (mg/l)	Mg2+ (mg/l)	K+ (mg/l)	Fe2+ (mg/l)	F- (mg/l)	Cl- (mg/l)	SO4 2- (mg/l)	SiO2 (mg/l)	CO32- (mg/l)	HCO3- (mg/l)		
forage Grand Prado	Grand Prado	21063	10/04/2007	15h33	122	21,7				<0,15	11	15	9,2	1,2	0,03		10,3	<2,5	32,44	0	94		
			11/09/2007	11h42	137,6	21,9					<0,15	8,2	9,8	5,8	1,1	0,01		7,3	2,5	30,2	0	66	
			08/09/2008	21h30	152,2	21,8	8,5				>0,05	8,5	10	5,9	1,1	0,33	0,07	7,5	<2	31,4	0	66	
forage le Verger	Le Verger	21061	10/04/2007	15h10	144	22,6				<0,15	11	14	8	1,3	0,03		10,1	<2,5	28,46	0	82		
			04/06/2007		196	23,5												11,4					
			11/09/2007	10h13	185,6	22,7						<0,15	11	14	8,1	1,2	0,01		9,5	<2,5	41,6	0	89
			26/11/2007		180,7	23													6				
			03/09/2008	13h13	181,2	22,6						<0,05	10	14	80	1,2	0,01	0,15	9,5	<2	46,7	0	88
forage riv Pluies Moka	Moka	21015	10/04/2007	16h10		21				<0,15	8,3	11	7	0,8	0,03		5,1	<2,5	28,74	0	77		
			11/09/2007	14h20	141,5	21,5					<0,15	7,9	10	6,7	0,8	0,01		4,6	<2,5	26,9	0	77	
			03/09/2008	13h37	131,5	21,2					<0,05	7,7	10	6,2	0,8	0,03	0,09	4,9	<2	28	0	74	
forage les Cafés	Les Cafés	21065	10/04/2007	15h00	240	26				<0,15	17	17	9,1	1,7	0,09		17,6	3,7	40,53	0	92		
			04/06/2007		243	23,5												19,2					
			11/09/2007	13h47	237	24						<0,15	16	17	8,7	1,7	0,01		15,9	3,6	48,8	0	96
			26/11/2007		231	25,5													13,4				
			03/09/2008	13h00	237	24,3						<0,05	16	17	8,9	1,7	0,02	0,12	16,6	3,7	57,1	0	95
forage trinité	Trinité	14265	03/04/2007	14h07	202	24				<0,15	14	11	10	1	0,02		13,1	7,8	16,22	0	72		
			04/06/2007		200	23,8												13,1					
			11/09/2007	14h55	218	23,9						<0,15	14	12	11	1	0,08		12,5	7,5	31,9	0	82
			26/11/2007		209	24,1													9,7				
			08/09/2008	13h30	211	24,1						<0,05	13	12	11	1	0,03	0,08	12,4	6,8	38	0	81
			24/11/2008		191,8														5,9				
forage carreau coton	Carreau Coton	21050	02/03/2009		208,8												10,7						
			03/04/2007	13h50	155,4	22,8						<0,15	12	9,2	7,3	1,1	0,01		7,2	<2,5	25,15	0	79
			04/06/2007		157,7	24,3													10,2				
			26/11/2007		156,8	24,3													5,3				
			03/09/2008	13h22	164,6	22,6						>0,05	12	9,8	8	1	0,02	0,1	7,9	<2	25,9	0	84
puits ZEC	ZEC	21037	03/04/2007	8h35	224	24,5				<0,15	15	15	8,8	1,7	0,02		14,9	7,1	35,87	0	64		
			04/06/2007		201	24,6												13,6					
			11/09/2007	9h31	175,8	24,1						<0,15	13	12	6,7	1,3	0,03		8,2	5,3	33,2	0	72
			26/11/2007		169,8	24,8													5,4				
			08/09/2008	9h45	115,6	23,2						<0,05	9,8	8	4,7	1	0,03	0,1	2,7	<2	29,1	0	65
forage F5 St Denis Est	F5 St Denis Est	21057	03/04/2007	8h19	216	23,3				<0,15	16	14	7,1	2,2	0,01		15,2	6,1	43,06	0	50		
			11/09/2007	9h17	217	22,9						<0,15	15	14	7	2	0,01		14,8	5,4	41,3	0	56
			08/09/2008	10h00	209	23,1						<0,05	14	13	6,8	2	0,02	0,13	14,2	5,1	47,9	0	55
forage Domenjod	Domenjod	21090	03/04/2007	7h55	138,7	21,3				<0,15	8,6	11	6,3	1,2	0,01		4,6	<2,5	30,5	0	76		
			11/09/2007	8h45	145,8	21,9						<0,15	9,1	11	6,3	1,1	0,01		5,3	<2,5	29,6	0	77
			08/09/2008	9h00	147,9	21,6						<0,05	9,9	11	6,3	1,3	0,01	0,08	5,5	<2	31,1	0	78
Trois Frères	3 Frères	22072	20/03/2006		168,3	22,8	8,05			<0,15	9,8			1,5	0,01		8	<2					
			13/06/2006		176	22,4	7,86					<0,15	9,4			2,7	0,03		9	<2			
			25/09/2006		177,1	22,3	7,64					<0,15	9,5	14	7,5	2,8	0,01		9,7	<2	24,05		
			28/11/2006		172,3	23,6	8,079					<0,15	9,5	14	7,6	2,1	0		8,8	<2	30,5		
			19/03/2007		169,4	23,3	8,13					<0,15	9,4	14	7,6	1,5	0,01		8	<2,5	30,5		
			04/06/2007		176	22,9	7,9					<0,15	9,7	14	7,7	1,5	0,01		8,2	<2,5	27,5		
			03/09/2007		184,4	22,1	7,97					<0,15	9,8	14	8	1,5	0,01		8,9	<2,5	20,9		
			26/11/2007		182,7	22,6	7,95					<0,05	10	14	7,8	1,5	0,1		8,5	<2	41,8		
			17/03/2008	07h55	175,9	22,6	7,97					<0,02(sd)	9,92	14,6	7,98	1,54	0,01	0,07	8,96	Traces	28,7		
			26/05/2008	08h30	181,5	22,1	7,9					<0,02(sd)	9,7	15,14	7,98	1,51	0,03	0,05	7,86	2,12	22,4		
			18/08/2008	08h05	176,6	22,3	7,77					<0,02(sd)	9,63	13,79	7,63	1,53	0,02	Traces	8,18	Traces	28,6		
			24/11/2008	08h10	179	22,5	8,25					<0,02(sd)	10,97	14,7	8,41	1,6	0,01	Traces	8,33	Traces	38,2		
02/03/2009	08h15	179	22,5	8,05					<0,02(sd)	9,95	14,65	8,26	1,55	0,03	<0,02(sd)	8,05	Traces	28,9					
La Découverte	La Découverte	21052	19/03/2007		207	23,8	7,03			<0,15	15	14	7,9	1,4	0		13,9	2,8	49,8				
			04/06/2007		189,2	23,6	7,09					<0,15	14	13	7,1	1,3	0,01		12,3	<2,5	43,9		
			03/09/2007		192,2	23,4	7,09					<0,15	13	13	7,6	1,3	0,01		12,3	2,5	31,8		
			26/11/2007		196,2	23,6	7,1					<0,05	14	13	7,5	1,3	0,02		12,1	2,5	56,8		
			17/03/2008	13h45	199,9	24,6	6,88					<0,02(sd)	14,53	13,87	7,93	1,41	0,04	0,09	13,34	2,9	50,5	0	86,01
			26/05/2008	12h45	195,1	23,5	7,08					<0,02(sd)	15,41	14,23	7,55	1,34	0,01	0,09	12,02	2,71	33,4	0	84,91
			18/08/2008	14h40	188,4	23,6	7,2					<0,02(sd)	13,49	12,68	7,1	1,35	0,06	0,07	12,31	2,29	45,8	0	84,3
			24/11/2008	14h40	190	23,7	7,08					<0,02(sd)	13,81	13,53	7,7	1,37	0,01	0,05	11,16	Traces	58,4	0	85,28
			02/03/2009	14h45	176	23,7	7,52					<0,02(sd)	13,04	12,41	7,03	1,31	0,03	Traces	10,81	2,41	46	0	78,81

Table 5: paramètres physico-chimiques des forages (1/2)

Point prélèvement	Intitulé	Code Office	Date prélèvement	heure de prélèvement	Conductivité (µS/cm)	Température (°C)	pH	O2 %	O2 mg/l	Mn2+ (mg/l)	Na+ (mg/l)	Ca2+ (mg/l)	Mg2+ (mg/l)	K+ (mg/l)	Fe2+ (mg/l)	F- (mg/l)	Cl- (mg/l)	SO4 2- (mg/l)	SiO2 (mg/l)	CO32- (mg/l)	HCO3- (mg/l)		
puits du Chaudron	Puits Chaudron	14016	30/03/2005		200	24,4	7,18			0	16,02			2,43	0,04		12,32	8,89					
			26/10/2005		231	24,4	7,2			0	17,55				2,6	0,08		14,6	9,62				
			20/03/2006		168,8	25,1					<0,15	16			2,2	0,08		9,4	8,9				
			13/06/2006		208	24,5	7,2				<0,15	15			2,7	0,03		13,6	8,2				
			25/09/2006		222	24	7,19				<0,15	15	13	8,4	2,6	0,01		14,3	9,3	38,88			
			27/11/2006		220	24,8	7,033				<0,15	16	13	8,5	2,5	0,01		14,7	9,5	45,6			
			19/03/2007		189,1	24,2	6,96				<0,15	15	10	6,9	2,2	0,02		10,2	8,2	51,5			
			04/06/2007		208	23,9	7,04				<0,15	15	12	7,7	2,3	0,02		13,2	8,8	43,9			
			03/09/2007		229	23,8	7,05				<0,15	16	14	9,1	2,5	0,01		14,4	10	43,8			
			26/11/2007		222	24	7,02				<0,05	16	13	8,5	2,2	0,01		13,3	9,4	61,5			
			17/03/2008	12h15	182,7	24,1	6,87				<0,02(s)d	14,22	10,6	6,96	2,28	0,03	0,21	10,71	7,9	51,4	0	60,76	
			26/05/2008	13h40	210	23,9	6,98				<0,02(s)d	15,91	13,63	8,3	2,65	0,01	0,18	11,94	7,61		0	67,83	
			18/08/2008	15h20	205,1	24	7				<0,02(s)d	14,66	12,21	7,96	2,81	0,02	0,13	12,16	8,01	49,6	0	68,2	
			24/11/2008	15h45	204,4	24,1	6,94				<0,02(s)d	14,93	12,74	8,33	2,4	0,01	0,13	11,04	7,34	62	0	69,3	
02/03/2009	15h20	197,7	24,1	7,3				<0,02(s)d	14,36	12,03	7,84	2,27	0,04	0,11	11,7	8,24	50,6	0	63,81				
forage Petit Prado	Petit Prado	21210	10/04/2007	14h20					<0,15	7,6	8,1	2,2	1	0,08		19,8	<2,5		0	22			
			11/09/2007	12h30	127,3	24,2				<0,15	8	10	3,2	1,25	0,03		22,3	2,8	16,8	0	25		
puits Tomi	Tomi	14018	10/04/2007	14h45	280	26,01				<0,15	19	16	12	1,3	0,07		12,5	7,2	34,58	0	120		
			11/09/2007	11h01	280	24,4				<0,15	14	18	15	1,5	0,15		12,6	17,6	36,8	0	131		
forage P22 Les Cocos	P22 Les Cocos	21066	03/09/2008	14h39	195,8	24,2				<0,05	14	13	9	1,6	0,03	0,25	6,8	5,3	41,4	0	104		
			10/04/2007	14h00						<0,15	15	13	10	2	0,46		17,1	<2,5	16,67	0	100		
forage Ilet Quinquina	Quinquina	21049	03/09/2008	14h12	185,6	22,4				<0,05	13	12	7,8	1,7	0,49	0,15	14,9	2,8	40,5	0	77		
			11/09/2007	9h03	149,2	21,8				<0,15	8,9	11	6,8	1	0,09		7	<2,5	30	0	78		
			08/09/2008	9h23	148,6	22,1				<0,05	8,7	11	6,5	1	0,01	0,07	8,7	<2	31,2	0	70		
forage Ste-Vivienne	Ste Vivienne	22051-X	14/04/2004		214	25	7,16			0	15,31			1,83	0,01		14,67	5,25					
			13/10/2004		213	23,4	7,39			0	15,02				1,65	0,01		14,07	3,06				
			05/04/2005		224	23,7					0	15,26				1,66	0,03		14,35	3,15			
			05/10/2005		220	23,7	6,93				0	14,71				1,7	0,01		14,25	2,98			
			20/03/2006		204	24,3	6,8				<0,15	14				1,5	0,01		14,3	3,7			
			13/06/2006		234	24	7,25				<0,15	15				3,4	0,03		16,3	2,9			
			25/09/2006		233	24,1	7,41				<0,15	14				3,6	0,01		16,6	3,1	38,46		
			28/11/2006		213	24,4	7,139				<0,15	14				1,7	0		14,8	<2	44,2		
			19/03/2007		201	24,2	6,36				<0,15	13	14	8,7	1,4	0,01		14	3,9	42,9			
			04/06/2007		216	23,7	6,75				<0,15	14	14	9,4	1,5	0,01		14,8	3,3	45,1			
			03/09/2007		218	23,7	6,74				<0,15	14	14	9,4	1,4	0,02		14,5	3,2	25,15			
			26/11/2007		228	23,8	7,12				<0,05	14	15	9,7	1,6	0,02		14,3	2,9	53,9			
			17/03/2008	12h15	182,7	24,1	6,87				<0,02(s)d	14,22	10,6	6,96	2,28	0,03	0,21	10,71	7,9	51,4	0	60,76	
			26/05/2008	13h40	210	23,9	6,98				<0,02(s)d	15,91	13,63	8,3	2,65	0,01	0,18	11,94	7,61		0	67,83	
18/08/2008	15h20	205,1	24	7				<0,02(s)d	14,66	12,21	7,96	2,81	0,02	0,13	12,16	8,01	49,6	0	68,2				
24/11/2008	15h45	204,4	24,1	6,94				<0,02(s)d	14,93	12,74	8,33	2,4	0,01	0,13	11,04	7,34	62	0	69,3				
02/03/2009	15h20	197,7	24,1	7,3				<0,02(s)d	14,36	12,03	7,84	2,27	0,04	0,11	11,7	8,24	50,6	0	63,81				

Table 6: paramètres physico-chimiques des forages (2/2)