



TAMARUN SPL



## Etude hydrogéologique préalable à l'extension de trois cimetières



Rapport n°96337/A– 19 novembre 2018

Projet suivi par Eric ANTEMI – 02.62.20.95.88 – [eric.antemi@anteagroup.com](mailto:eric.antemi@anteagroup.com)

# Fiche signalétique

## Etude hydrogéologique préalable à l'extension de trois cimetières

| CLIENT | SITE |
|--------|------|
|--------|------|

**Tamarun SPL**

Commune de Saint Paul – Secteur Villèle, Tan Rouge et  
Guillaume

8 rue des Argonautes  
97 434 Saline les Bains

M. BERFROI Jude  
Responsable des études  
06.92.79.35.15  
aberfroi@tamarun.fr

### RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet

Eric ANTEMI

Interlocuteur commercial

Implantation de La Réunion

Implantation chargée du suivi du projet

02.62.20.95.88

reunion-fr@anteagroup.com

Rapport n°

96337

Version n°

A

Votre commande et date

L18.9482 / date : 19/10/2018

Projet n°

REUP180088

|                   | Nom             | Fonction                           | Date          | Signature |
|-------------------|-----------------|------------------------------------|---------------|-----------|
| Rédaction         | Eric ANTEMI     | Responsable Antea<br>Group Réunion | Novembre 2018 |           |
| Relecture qualité | Magali GALMICHE | Secrétariat                        | Novembre 2018 |           |

## Suivi des modifications

| Indice<br>Version | Date<br>de révision | Nombre<br>de pages | Nombre<br>d'annexes | Objet des modifications |
|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| <b>A</b>          | 29/11/2018          | 43                 | 0                   |                         |
|                   |                     |                    |                     |                         |
|                   |                     |                    |                     |                         |

# Sommaire

|   |    |
|---|----|
| 1. Contexte et objectifs .....                                    | 6  |
| 2. Présentation des sites – localisation .....                    | 7  |
| 2.1. Cimetière de Villèle .....                                   | 7  |
| 2.2. Cimetière de Tan Rouge .....                                 | 8  |
| 2.3. Cimetière du Guillaume.....                                  | 9  |
| 2.4. Contexte climatique .....                                    | 10 |
| 2.5. Contexte hydrologique.....                                   | 11 |
| 2.6. Contexte géologique .....                                    | 13 |
| 2.7. Contexte hydrogéologique.....                                | 16 |
| 2.8. Masse d'eau au sens du SDAGE .....                           | 19 |
| 3. Vulnérabilité de la ressource .....                            | 25 |
| 3.1. Vulnérabilité intrinsèque de la nappe .....                  | 25 |
| 3.2. Vulnérabilité liée au projet du cimetière de Villèle.....    | 30 |
| 3.2.1. Investigations de terrain .....                            | 30 |
| 3.2.2. Gestion des eaux pluviales .....                           | 30 |
| 3.2.3. Usages de la nappe à l'aval du cimetière .....             | 30 |
| 3.2.4. Risque inondation .....                                    | 32 |
| 3.2.5. Hygiène publique .....                                     | 32 |
| 3.2.6. Vulnérabilité du projet vis-à-vis de la ressource .....    | 33 |
| 3.3. Vulnérabilité liée au projet du cimetière de Tan Rouge ..... | 33 |
| 3.3.1. Investigations de terrain .....                            | 33 |
| 3.3.2. Gestion des eaux pluviales .....                           | 33 |
| 3.3.3. Usages de la nappe à l'aval du cimetière .....             | 33 |
| 3.3.4. Risque inondation .....                                    | 35 |
| 3.3.5. Hygiène publique .....                                     | 36 |
| 3.3.6. Vulnérabilité du projet .....                              | 36 |
| 3.4. Vulnérabilité liée au projet du cimetière du Guillaume ..... | 36 |
| 3.4.1. Investigations de terrain .....                            | 36 |
| 3.4.2. Gestion des eaux pluviales .....                           | 37 |
| 3.4.3. Usages de la nappe à l'aval du cimetière .....             | 37 |
| 3.4.4. Risque inondation .....                                    | 38 |
| 3.4.5. Hygiène publique .....                                     | 39 |
| 3.4.6. Vulnérabilité du projet .....                              | 40 |
| 4. Conclusions.....   | 41 |

## Table des figures

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 : Localisation des cimetières de Villèle, de Tan Rouge et du Guillaume sur la commune de Saint-Paul (Source geoportail.gouv.fr) .....  | 7  |
| Figure 2 : Localisation du projet d'extension du cimetière de Villèle .....   | 8  |
| Figure 3 : Localisation du projet d'extension du cimetière de Tan Rouge .....   | 9  |
| Figure 4 : Localisation du projet d'extension du cimetière du Guillaume .....   | 10 |
| Figure 5 : Bassin versant de l'Etang Saint Paul .....   | 12 |
| Figure 6 : Carte géologique de la Réunion Guy Billard 1/50000 <sup>ème</sup> (BRGM) .....   | 14 |
| Figure 7 : Coupe géologique interprétative à travers le flanc ouest du massif du Piton des Neiges (BRGM - rapport 85 REU 27, 1985) .....  | 14 |
| Figure 8 : Extrait de la carte géologique au 1/5000 <sup>ème</sup> éditée par la Direction de l'Agriculture et de la Forêt (DAF) et le Département de La Réunion (Bachelery et Coudray, 1988). NB: la formation des Brèches pyroclastiques de Saint-Gilles est dorénavant interprétée comme un dépôt d'avalanche de débris..... | 15 |
| Figure 9 : Coupe géologique au droit de la ravine Saint Gilles (Université de la Réunion) .....   | 15 |
| Figure 10 : Localisation de données de forages (source Infoterre).....  | 18 |
| Figure 11 : Extrait du SDAGE 2016-2021 – carte des masses d'eau souterraines.....   | 20 |
| Figure 12 : Extrait du SDAGE 2016-2021 – fiche de synthèse masse d'eau FRLG110.....   | 21 |
| Figure 13 : Extrait du SDAGE 2016-2021 – fiche de synthèse masse d'eau FRLG111.....   | 22 |
| Figure 14 : Extrait du SDAGE 2016-2021 – fiche de synthèse masse d'eau FRLG122.....   | 23 |
| Figure 15 : Extrait du SDAGE 2016-2021 – fiche de synthèse masse d'eau FRLG123.....   | 24 |
| Figure 16 : Définition de la zone non saturée ( <a href="http://geology.er.usgs.gov/eespteam/brass/ground/groundintro.htm">http://geology.er.usgs.gov/eespteam/brass/ground/groundintro.htm</a> ) .....   | 25 |
| Figure 17 : Carte de l'IDPR pondéré (source : Rapport Bac BRGM) .....   | 25 |
| Figure 18 : Coupe géologique de l'ouvrage S5 n°BSS002PENS/12266X0046.....   | 28 |
| Figure 19 : Report des situations des cimetières sur la cartographie BRGM IDPR .....  | 29 |
| Figure 20 : Inventaire des points d'eau de la Réunion (DAF REDETAR 1984) .....  | 31 |
| Figure 21 : Prélèvements d'eau potable (AEP) et périmètre de protection rapproché et zone de surveillance renforcée à l'aval du cimetière de Villèle (source : ARS) .....   | 31 |
| Figure 22 : Extrait du PPR de Saint Paul (source risquesreunion.re).....  | 32 |
| Figure 23 : Inventaire des points d'eau de la Réunion (DAF REDETAR 1984) .....  | 34 |
| Figure 24 : Prélèvements d'eau potable (AEP) et périmètre de protection rapproché et zone de surveillance renforcée à l'aval du cimetière de Tan Rouge (source : ARS) .....   | 35 |
| Figure 25 : Extrait du PPR de Saint Paul (source risquesreunion.re).....  | 35 |
| Figure 26 : Inventaire des points d'eau de la Réunion (DAF REDETAR 1984) .....  | 37 |
| Figure 27 : Prélèvements d'eau potable (AEP) et périmètre de protection rapproché et zone de surveillance renforcée à l'aval du cimetière de Tan Rouge (source : ARS) .....   | 38 |
| Figure 28 : Extrait du PPR de Saint Paul (source risquesreunion.re).....  | 39 |

## Table des tableaux

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1 : Renseignements hydrogéologiques concernant le domaine de planèze de Saint Gilles. .... | 17 |
|--|----|

# 1. Contexte et objectifs

La commune de Saint Paul envisage de procéder à l'extension des cimetières de Villèle, de Tan Rouge et du Guillaume.

Dans ce cadre, la commune souhaite faire réaliser une étude hydrogéologique préalable permettant de vérifier la faisabilité de ces projets d'extension de cimetières.

En effet, les caractéristiques géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques des terrains, ainsi que le risque de pollution des eaux superficielles et souterraines doivent entrer en ligne de compte dans la vérification de la faisabilité de ces projets d'extension.

La faisabilité des travaux d'extension est généralement soumise à l'avis d'un hydrogéologue agréé.

L'article 2223-2 du Code Général des Collectivités Territoriales (article 40 du code général des collectivités territoriales, modifié par le décret n° 2111-121 du 28 janvier 2011) mentionne que pour l'implantation des cimetières, « les terrains les plus élevés et exposés au nord (nota : pour l'hémisphère nord) sont choisis de préférence ». Ceux-ci doivent être choisis sur la base d'un rapport établi par l'hydrogéologue. Ce rapport se prononce sur le risque que le niveau des plus hautes eaux de la nappe libre superficielle puisse se situer à moins d'un mètre du fond des sépultures ».

L'agrandissement du cimetière implique également l'obligation de clôturer la nouvelle extension.

D'un point de vue sanitaire une enquête doit être menée notamment en matière d'usage des eaux souterraines. En effet, en cas de risque sanitaire « Les puits peuvent, après visite contradictoire d'experts, être comblés par décision du représentant de l'Etat dans le département » (article 2223-5 du CGCT).

L'étude hydrogéologique et environnementale doit permettre ainsi de vérifier la faisabilité technique, réglementaire et environnementale du projet.

- Faisabilité technique : aptitude des sols au creusement et vérification des contraintes géologique, hydrogéologique à prendre en compte lors de la réalisation des aménagements ;
- Faisabilité réglementaire : répondre aux exigences réglementaires sur les risques de présence d'une nappe d'eau souterraine à faible profondeur dans le secteur (nappe perchée, ruissèlement hypodermique) ;
- Environnementale : vérifier le cadre environnemental des sites et de ses abords, ainsi que les incidences des projets en matière d'hygiène publique et réglementaire. Vérification de la compatibilité des projets avec les aspects géologique, hydrogéologique, hydrologique, ressource en eau souterraine et leur protection, la gestion des eaux pluviales, le contexte anthropique, les risques naturels.

La faisabilité technique d'aptitude des sols a déjà été évaluée avec la réalisation de sondages au droit des sites. L'objectif est donc de réaliser l'étude hydrogéologique permettant d'évaluer les incidences sur les eaux souterraines.

C'est dans ce cadre, qu'Antea Group s'est vu confier la tâche de réaliser les études hydrogéologiques.



## 2. Présentation des sites – localisation

Les trois cimetières sont situés sur les mi pentes de la commune de Saint-Paul, à des altitudes comprises entre 400 m (Villèle) et 700 m (Tan Rouge).

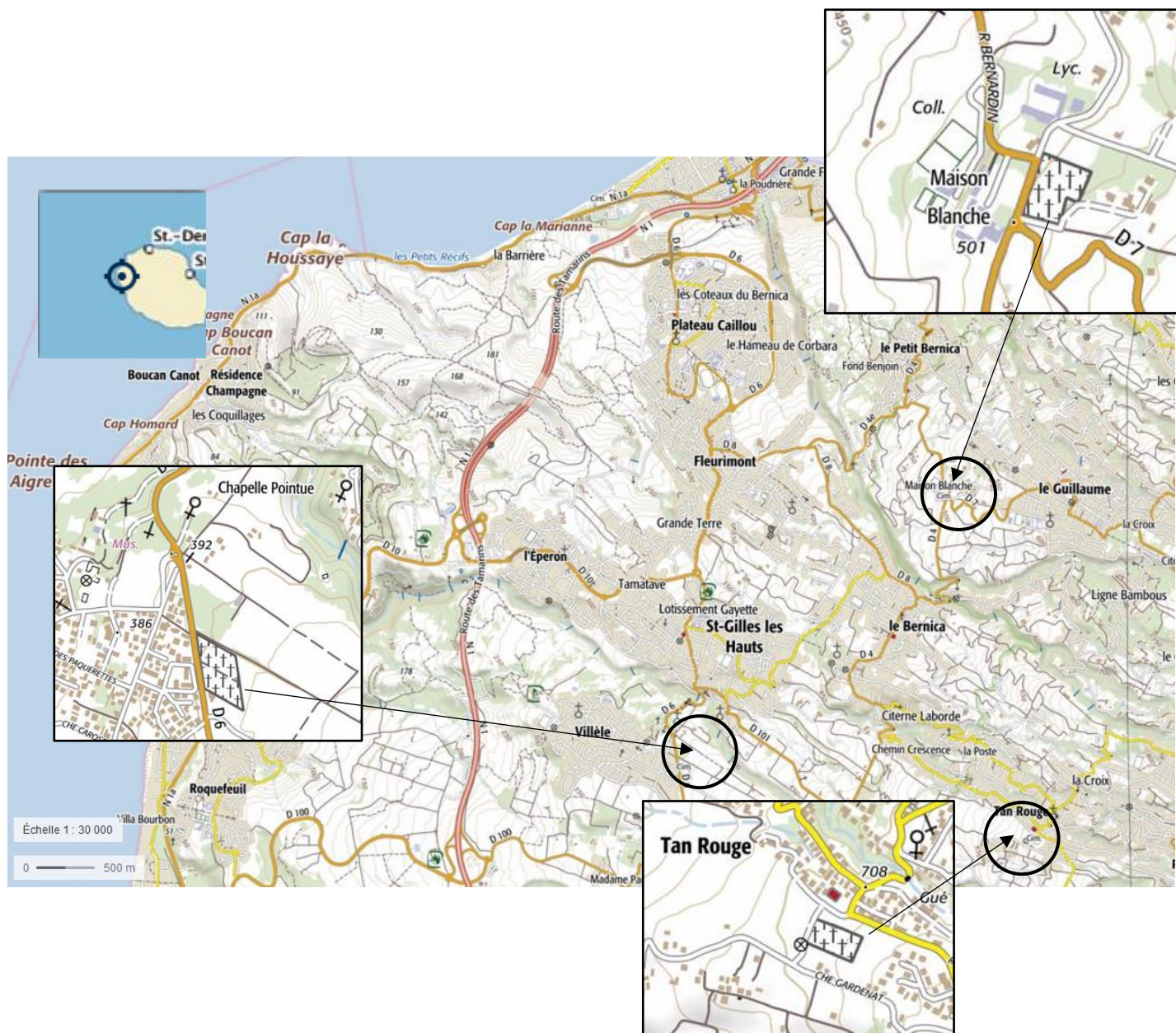


Figure 1 : Localisation des cimetières de Villèle, de Tan Rouge et du Guillaume sur la commune de Saint-Paul  
 (Source geoportail.gouv.fr)

### 2.1. Cimetière de Villèle

Le cimetière actuel de Villèle est situé en amont du bourg sur la parcelle DM 22. L'accès au site s'effectue par la route départementale n° 6 puis par le chemin des anthuriums. La parcelle concernée par le projet d'extension est la DM444, connexe à la DM 22.





**Figure 2 : Localisation du projet d'extension du cimetière de Villèle**

Selon les informations disponibles le projet comprend la réalisation :

- De stationnements,
- De locaux d'accompagnement,
- De caveaux,
- D'un ou plusieurs ossuaires,
- D'un caveau provisoire,
- D'un site cinéraire paysager,
- D'une nouvelle clôture autour de l'installation.

L'environnement du site correspond au cimetière actuel et à des parcelles à vocation agricole.

Le site est relativement plat avec une pente moyenne un peu inférieure à 10% vers le Nord-Ouest. L'altitude est de l'ordre de 410 m NGR.

## 2.2. Cimetière de Tan Rouge

Le cimetière actuel de Tan Rouge est situé au sud du bourg sur la parcelle DR 210. L'accès au site s'effectue par la route départementale n° 3 puis par le chemin de Tan Rouge. La parcelle concernée par le projet d'extension est la DR1186, connexe à la DR 210.





**Figure 3 : Localisation du projet d'extension du cimetière de Tan Rouge**

Selon les informations disponibles le projet comprend la réalisation :

- De caveaux,
- D'un ou plusieurs ossuaires,
- D'un caveau provisoire,
- D'un site cinéraire paysager,
- D'une nouvelle clôture autour de l'installation.

L'environnement du site correspond au cimetière actuel, à des parcelles à vocation agricole et des habitations à l'amont immédiat.

Le site est relativement plat avec une pente moyenne un peu inférieure à 10% vers le Nord-Ouest. L'altitude est de l'ordre de 710 m NGR.

## 2.3. Cimetière du Guillaume

Le cimetière actuel du Guillaume est situé au nord du bourg sur les parcelles CM 275 et 274. L'accès au site s'effectue par la route départementale n° 4 puis par le chemin Summer n° 3. La parcelle concernée par le projet d'extension est la CM1186, connexe à la CM 274.





**Figure 4 : Localisation du projet d'extension du cimetière du Guillaume**

Selon les informations disponibles le projet comprend la réalisation :

- De stationnements,
- De locaux d'accompagnement,
- De caveaux,
- D'un ou plusieurs ossuaires,
- D'un caveau provisoire,
- D'un site cinéraire paysager,
- D'une nouvelle clôture autour de l'installation.

L'environnement du site correspond au cimetière actuel, à des parcelles à vocation agricole, quelques habitations à l'amont immédiat et le lycée et le collège privé de Maison Blanche, à l'aval immédiat.

Le site est relativement plat avec une pente moyenne proche de 10 % vers le Nord-Ouest. L'altitude est de l'ordre de 500 m NGR.

## 2.4. Contexte climatique

Situé sur la côte « sous le vent », le secteur d'étude est soumis à un régime climatique fort différent de la côte orientale de La Réunion. Si un gradient existe en fonction de l'altitude (celui de l'augmentation des précipitations avec les altitudes croissantes), les précipitations moyennes annuelles n'excèdent pas 800 mm à moins de 400 m d'altitude, pour 1 m aux altitudes les plus hautes. Le régime estival de saison des pluies concentre la majorité des précipitations avec des intensités importantes. Sur la période hivernale et début estival (juin à novembre), les cumuls journaliers sont bien moins importants voire des cumuls mensuels inférieurs à 20 mm.

## 2.5. Contexte hydrologique

Cette planète du Piton des Neiges est entaillée par de nombreuses et profondes ravines, résultat d'une érosion importante.

Parmi les principales ravines du secteur d'étude, on peut citer la Ravine Divon, la ravine Bernica, la Ravine Saint-Gilles, les Ravines de l'Hermitage au sud. Outre ces ravines principales, il existe un réseau secondaire peu dense apparaissant à la faveur de ruptures de pente, et rejoignant une ravine principale ou directement l'océan.

L'ensemble de ces ravines est non pérenne. Seul, le cours aval de la Ravine Saint Gilles est marqué par des émergences importantes de plusieurs centaines de litres par seconde (bassins de Saint Gilles) qui aboutissent de manière permanente à l'océan.

De manière un peu comparable, l'ensemble des ravines situées sur la part nord de la commune de Saint Paul est non pérenne mais les émergences importantes en pied de planète conduisent à alimenter de manière permanente l'Etang de Saint Paul.

On considère donc de manière générale, deux grands ensembles correspondant au bassin versant de l'Etang Saint Paul et à celui de la Ravine Saint Gilles.

En termes d'hydrologie, peu de données sont disponibles sur les écoulements de crue des ravines. La ravine Saint Gilles et l'Etang de Saint Paul font l'objet de mesures ponctuelles de débit par l'Office de l'Eau, généralement à l'étiage. Les autres ravines, non pérennes ne disposent donc pas de données.

Signalons toutefois que la ravine Bernica a fait l'objet dans les années 1990 d'enregistrements de crue mais ces données n'ont pas fait l'objet d'exploitation ni de publications particulières.



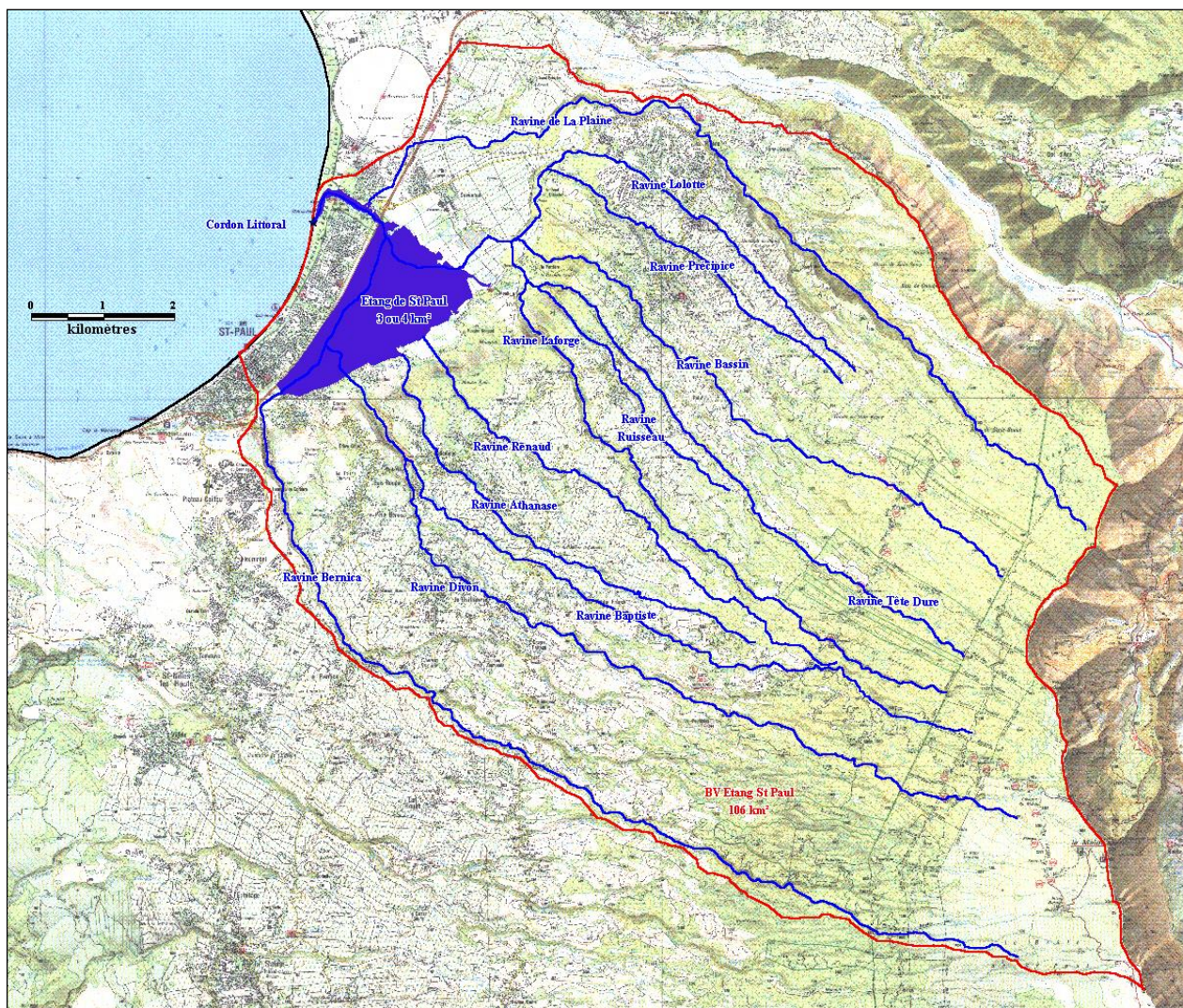


Figure 5 : Bassin versant de l'Étang Saint Paul

Le plan d'eau de l'Étang Saint Paul est alimenté par l'émergence de sources le long du Tour des Roches et par les ravines au moment de la saison des pluies ; ravines Lolotte (comprenant le trop plein des eaux des réservoirs de Mon Repos ILO), Précipice, Bassin, Tête dure, Ruisseau, Laforge, Renaud, Athanase, Divon et enfin Bernica. Les ravines Divon et Bernica présentent dans leur partie basse, mais avant leur débouché à l'étang, de petites sources qui engendrent un faible écoulement. Aucune de ces ravines n'est pérenne.

L'exutoire de l'étang s'effectue vers l'océan au travers d'un cordon littoral fluctuant sous l'effet de la houle et de l'action de l'homme.

L'émergence des sources constituant sa principale alimentation, l'étang St Paul ne peut être dissocié du contexte hydrogéologique des émergences. Celui-ci est représenté par un système volcanique et alluvionnaire où siègent une ou plusieurs nappes. Elles proviennent en première approche de l'infiltration des eaux sur la planèze.

Les débits de l'Étang varient hors crue entre 800 l/s et 1 m<sup>3</sup>/s.



En ce qui concerne la ravine Saint Gilles, son bassin versant à l'embouchure fait environ 31 km<sup>2</sup>. Les premiers écoulements apparaissent à la faveur d'émergences de sources au droit du bassin Bleu. Les débits sont faibles et ne permettent pas d'assurer un écoulement dans la ravine.

Les écoulements n'existent réellement qu'à partir du bassin Malheur, en pied de rempart. Il s'agit d'émergences importantes d'eau souterraine qui permettent d'assurer une continuité hydraulique jusqu'à la mer. A la faveur de chaque rupture de pente, des apports de débits sont constatés qui atteignent au total environ 600 l/s dont 70 % proviennent de l'amont du bassin des Cormorans.

Dès le bassin Malheur, ces eaux font l'objet de dérivation à des fins d'eau potable et d'irrigation :

- Puits AEP du bassin Malheur en rive droite (140 l/s),
- Canal Prune pour l'irrigation en rive droite à l'aval immédiat du bassin Malheur,
- Canal Jacques pour l'AEP en rive droite à l'aval immédiat du bassin des Aigrettes (163 l/s),
- Le captage AEP du verrou, à l'aval du bassin des Cormorans doit faire l'objet d'un arasement.

Un débit réglementaire de 46 l/s est réservé à l'aval des captages. La ravine traverse ensuite Saint Gilles où elle stagne à l'amont de la plage et où le trop plein s'écoule dans le port de Saint Gilles.

## 2.6. Contexte géologique

Les formations géologiques rencontrées de manière générale sur le secteur d'étude appartiennent au flanc occidental du massif du Piton des Neiges, le plus ancien des deux massifs volcaniques formant l'ossature de l'île.

Les manifestations volcaniques s'y sont succédées, depuis 2,1 Ma, date des plus anciennes coulées aériennes datées. Ces événements furent séparés les uns des autres par des périodes parfois longues, de calme au cours desquelles l'érosion a fait son travail de ravinement et d'arasement. Des épisodes de volcanisme explosif, produisant des dépôts fins ou grossiers, souvent bréchiques (pyroclastites ou coulées de débris) ont parfois succédé – ou précédé les coulées de lave.

La très grande majorité des formations du secteur est constituée par des coulées basaltiques :

- Des océanites de phase II (-2,1 Ma à -0,43 Ma) dont la partie inférieure est hydrothermalisée,
- Des basaltes à feldspath de phase III (-0,35 Ma à -0,25 Ma),
- Des coulées de phase IV (-0,23 Ma à -0,02 Ma).

Ces formations présentent des altérations dans les premiers mètres de profondeur. En épandage sur ces séries, des formations pyroclastiques (des ignimbrites notamment) se retrouvent en nappes plus ou moins discordantes, soit sur les coulées de phase III, soit sur celles de phase IV. La coupe de la Figure 7 présente l'agencement et l'épaisseur moyenne de ces séries, qu'on peut résumer de la sorte :

- Les formations de la phase II ont entre 50 et 100 m d'épaisseur, aux altitudes du secteur, mais peuvent dépasser 300 m en montant vers le cirque de Mafate ;
- Les formations de la phase III ont une épaisseur moyenne de 100 m, mais elles peuvent doubler de puissance lorsqu'elles ont comblé des paléovallées creusées pendant les 80 000 ans de « repos » entre les phases II et III ;
- Les formations de la phase IV ont une puissance moyenne ne dépassant pas le décimètre, même si, localement, elle peut atteindre 25 m, avec alors une zone supérieure d'altération de 5 à 10 m.

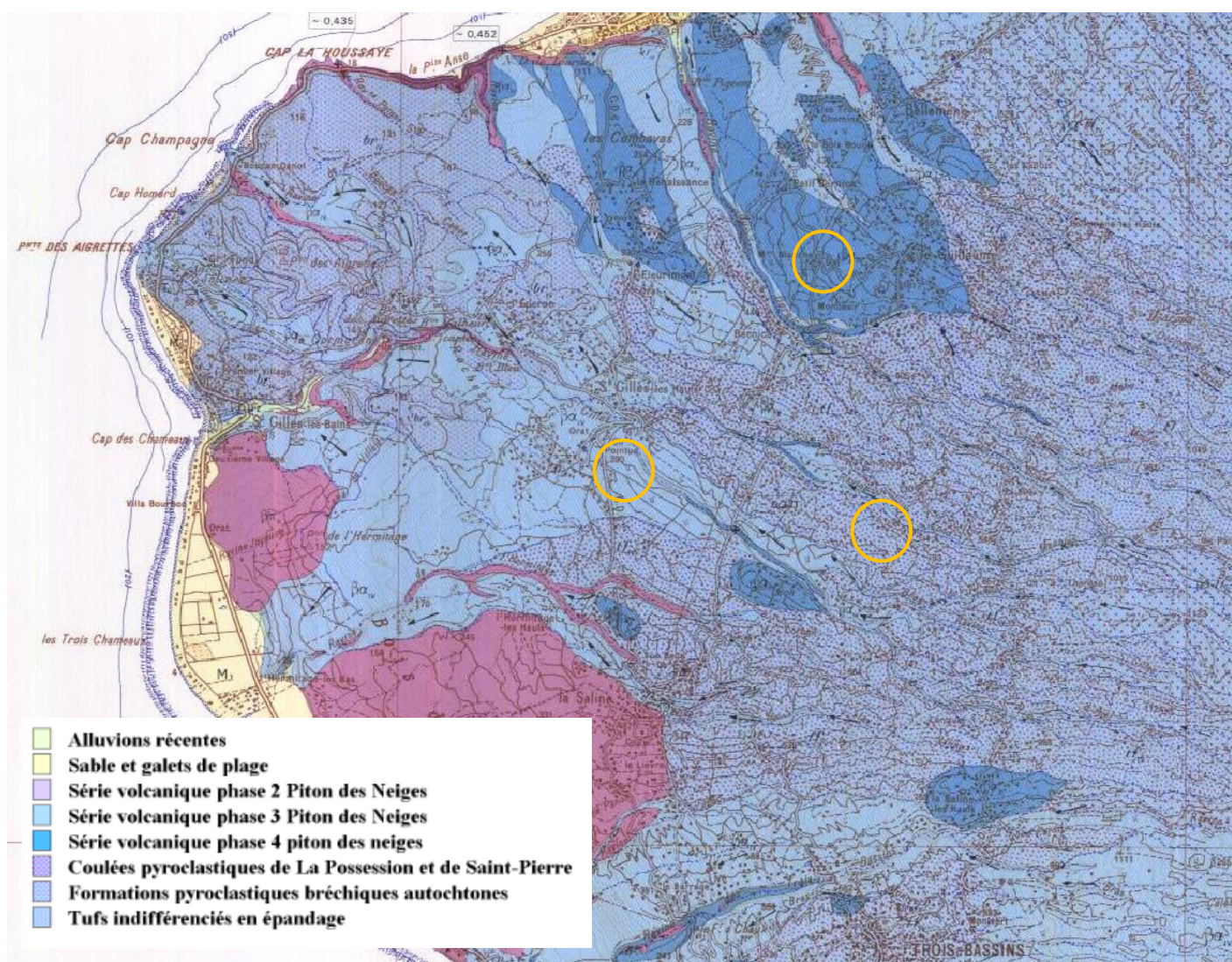


Figure 6 : Carte géologique de la Réunion Guy Billard 1/50000<sup>ème</sup> (BRGM)

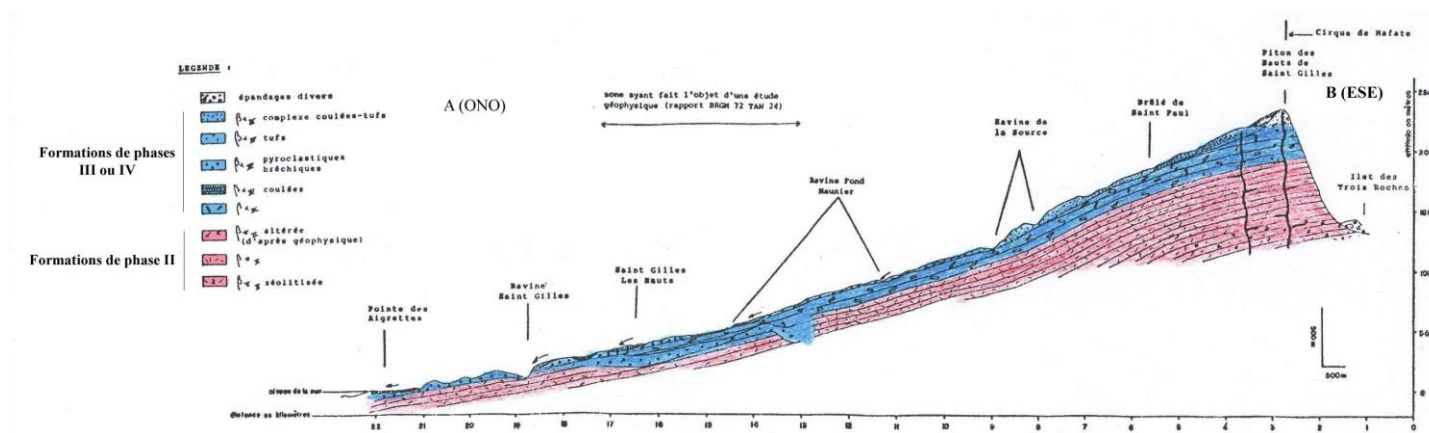
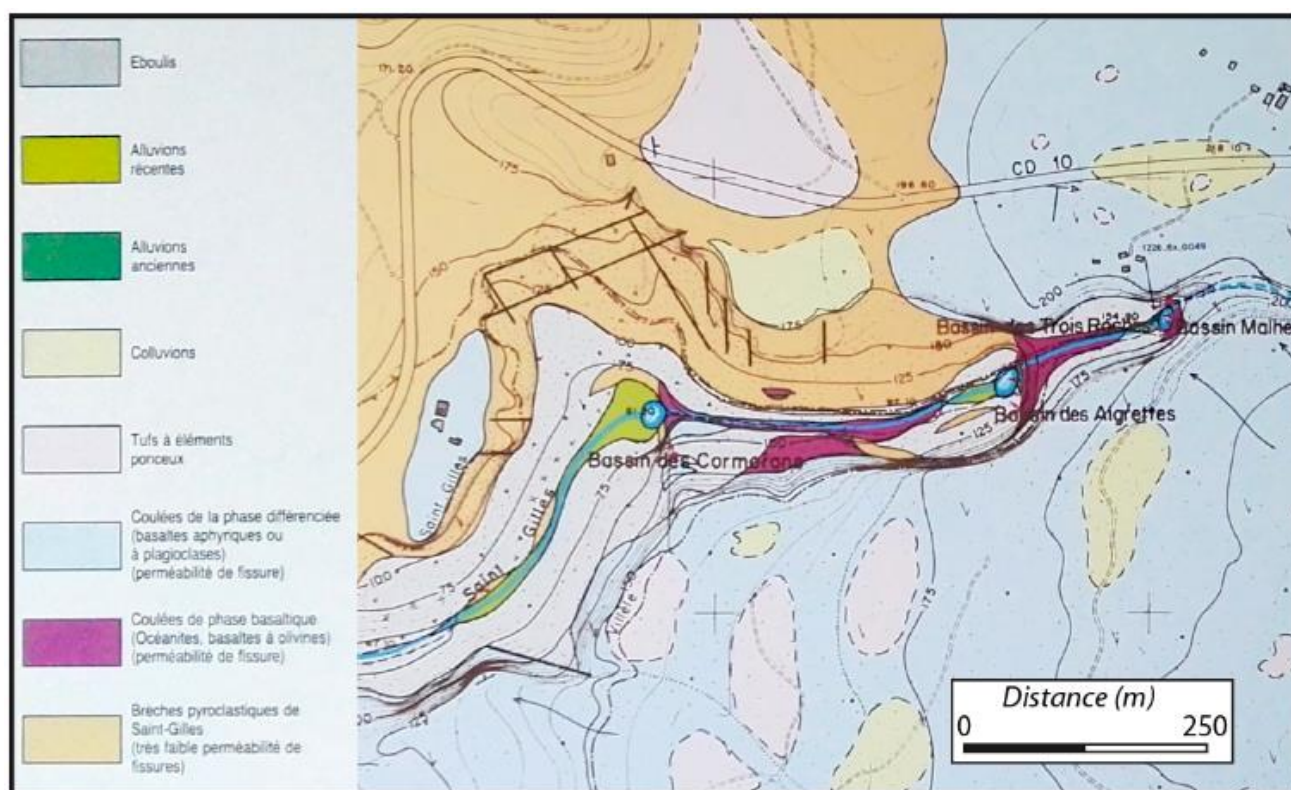


Figure 7 : Coupe géologique interprétative à travers le flanc ouest du massif du Piton des Neiges (BRGM - rapport 85 REU 27, 1985)



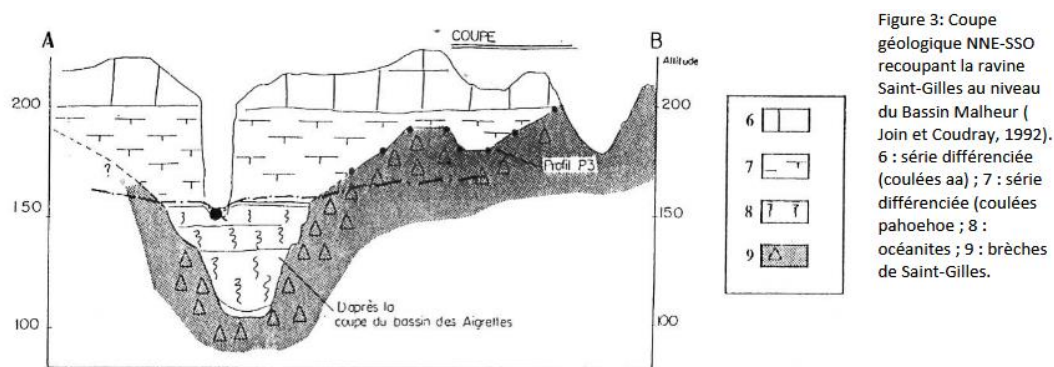
L'érosion régressive des ravines a permis d'entailler les différentes formations géologiques jusqu'aux coulées de lave d'océanites et permet d'identifier les différentes formations. La ravine Saint-Gilles, contrairement aux autres ravines, a fait l'objet d'études spécifiques du fait de ses émergences.

La géologie du secteur des bassins de la ravine Saint-Gilles a fait l'objet d'une publication et cartographie spécifique.



**Figure 8 : Extrait de la carte géologique au 1/5000ème éditée par la Direction de l'Agriculture et de la Forêt (DAF) et le Département de La Réunion (Bachelery et Coudray, 1988). NB: la formation des Brèches pyroclastiques de Saint-Gilles est dorénavant interprétée comme un dépôt d'avalanche de débris.**

Le substratum, formé par la brèche d'avalanche, affleure en continu en rive droite de la vallée et par place en rive gauche (Figure précédente). Cette brèche s'est mise en place durant la fin de la période basaltique (450-420 ka) puis a été incisée par l'érosion pour former des paléo-vallées localement étroites (Figure suivante).



**Figure 9 : Coupe géologique au droit de la ravine Saint Gilles (Université de la Réunion)**

Lors de la reprise d'activité du Piton des Neiges, vers 350 ka, la première paléo-vallée de la ravine Saint-Gilles a été progressivement comblée par d'épaisses coulées d'océanite. Localement, des alluvions anciennes sont interstratifiées entre ces coulées de lave. Cette période magmatique initiale de la phase différenciée du Piton des Neiges a été vraisemblablement suivie d'une courte phase d'érosion qui a permis l'incision d'une seconde paléo-vallée orientée globalement est-ouest, quelques centaines de mètres au Sud de la première paléo-vallée. L'arrivée de nombreuses coulées de lave de composition différenciée alcaline a totalement comblé la seconde paléo-vallée. Cette période magmatique s'est terminée par plusieurs éruptions fortement explosives dont les dépôts de retombées de composition trachytique puis d'ignimbrite affleurent au-dessus des coulées de lave différenciées (tufs à élément ponceux en Figure 8).

De ce contexte géologique, on retiendra plus particulièrement au droit des sites de cimetière :

- Cimetière de Villèle : des formations pyroclastiques/bréchiques ;
- Cimetière de Tan Rouge : des coulées basaltiques et andésiques de phase IV ;
- Cimetière du Guillaume : des basaltes à feldspath de phase III.

## 2.7. Contexte hydrogéologique

Classiquement, les eaux s'infiltrent sur la planèze ou à la faveur d'accidents topographiques (ravines, pied de planèze). Les eaux souterraines circulent ensuite au gré de niveaux imperméables locaux (paléosol ou coulée massive non fracturée). Confrontées à des variations importantes de perméabilité à l'approche des alluvions côtières, les eaux souterraines donnent lieu aux sources de débordement (sources du tour des Roches de l'Etang Saint Paul). Elles peuvent être également interceptées à la faveur d'accidents topographiques tels que les entailles des ravines (émergences de la Ravine Saint Gilles) ou bien s'évacuent directement vers l'océan.

L'analyse des formations géologiques, présentées auparavant, permet de discerner deux grands domaines hydrogéologiques. Par « domaine hydrogéologique », il faut entendre une entité à l'intérieur de laquelle les écoulements souterrains ont une certaine unité, et des liens hydrauliques, au moins potentiels.

- **Un domaine de planèze**, au sein des formations volcaniques. En effet, si les formations basaltiques de phase 2 ou 3, pour peu qu'elles ne soient pas trop colmatées par l'altération hydrothermale ou météorique, peuvent se révéler aquifères, les coulées sont alors perméables en grand, l'eau s'écoulant à travers les discontinuités (fissures, fractures, vides des laves). La notion de « nappe », en tant qu'entité continue est alors moins adaptée.
- **Un domaine littoral**, en zone côtière, de basse altitude, constitué par des terrains plus ou moins perméables et continus. Les limites amont de ces nappes ne sont pas encore connues avec précision, notamment pour ce qui est du rattachement de ces nappes aux coulées de lave des planèzes. Ce domaine est le siège de la nappe de base en relation avec l'océan.

Le domaine littoral est relativement bien connu et notamment à l'amont immédiat de l'Etang Saint Paul ou à la Saline.

En revanche le domaine de planèze est peu connu voire inconnu. Les fortes pentes et la nécessité de réaliser des forages profonds n'ont pas incité à engager des reconnaissances en ce sens.



Les points d'accès au sous-sol, recensés notamment dans la Banque de Données du Sous-Sol (B.S.S.), gérée par le BRGM sont, d'une part peu nombreux, d'autre parts assez pauvres en informations hydrogéologiques. En fait, on a très peu d'informations sur la piézométrie en amont du secteur, et sur la continuité des écoulements entre les niveaux relevés dans les ouvrages en amont du secteur et ceux mesurés dans les nappes côtières. Le Tableau 1 ci-dessous résume les informations dont on dispose quant à la profondeur des niveaux d'eau rencontrés et des débits estimés lors de la foration des ouvrages (**la plupart des ouvrages et informations datant de la fin des années 1970**).

Il est à noter qu'il est remarquable de disposer de ces informations même si elles sont peu nombreuses et anciennes car il s'agit d'un des rares secteurs de l'île où des forages ont été réalisés en domaines de planèze.

Ces rares renseignements disponibles font état de niveaux saturés situés à des cotes altimétriques allant de 328 m à 559 m, et ce pour des points qui ne sont pas éloignés de plus de 1 km. Cela laisse à penser qu'on n'a pas affaire à un niveau saturé continu, mais à plusieurs compartiments (nappes perchées ?) relativement isolés les uns des autres.

| N° BSS       | Altitude (m) | Prof. Ouvrage (m) | Prof. Eau (m) | Débit estimé (m³/h) |
|--------------|--------------|-------------------|---------------|---------------------|
| 1226-6X-0015 | 450          | 112,5             |               | sec                 |
| 1226-6A-0016 | 500          | 143,0             |               | sec                 |
| 1226-6B-0016 | 500          | 168,3             | ?             | 1                   |
| 1226-6C-0016 | 496          | 151,1             | ?             | 3                   |
| 1226-6X-0046 | 430          | 300,0             |               | sec                 |
| 1226-6X-0047 | 454          | 180,0             | -126          | 2,6                 |
| 1226-6X-0048 | 475          | 127,0             | -65,4         | 10                  |
| 1226-6X-0052 | 620          | 150,0             | -61,25        | 6 à 7               |
| 1226-6X-0058 | 500          | 150,0             | -126          | 2,9                 |
| 1226-6X-0059 | 460          | 152,0             |               | sec                 |

Tableau 1 : Renseignements hydrogéologiques concernant le domaine de planèze de Saint Gilles.

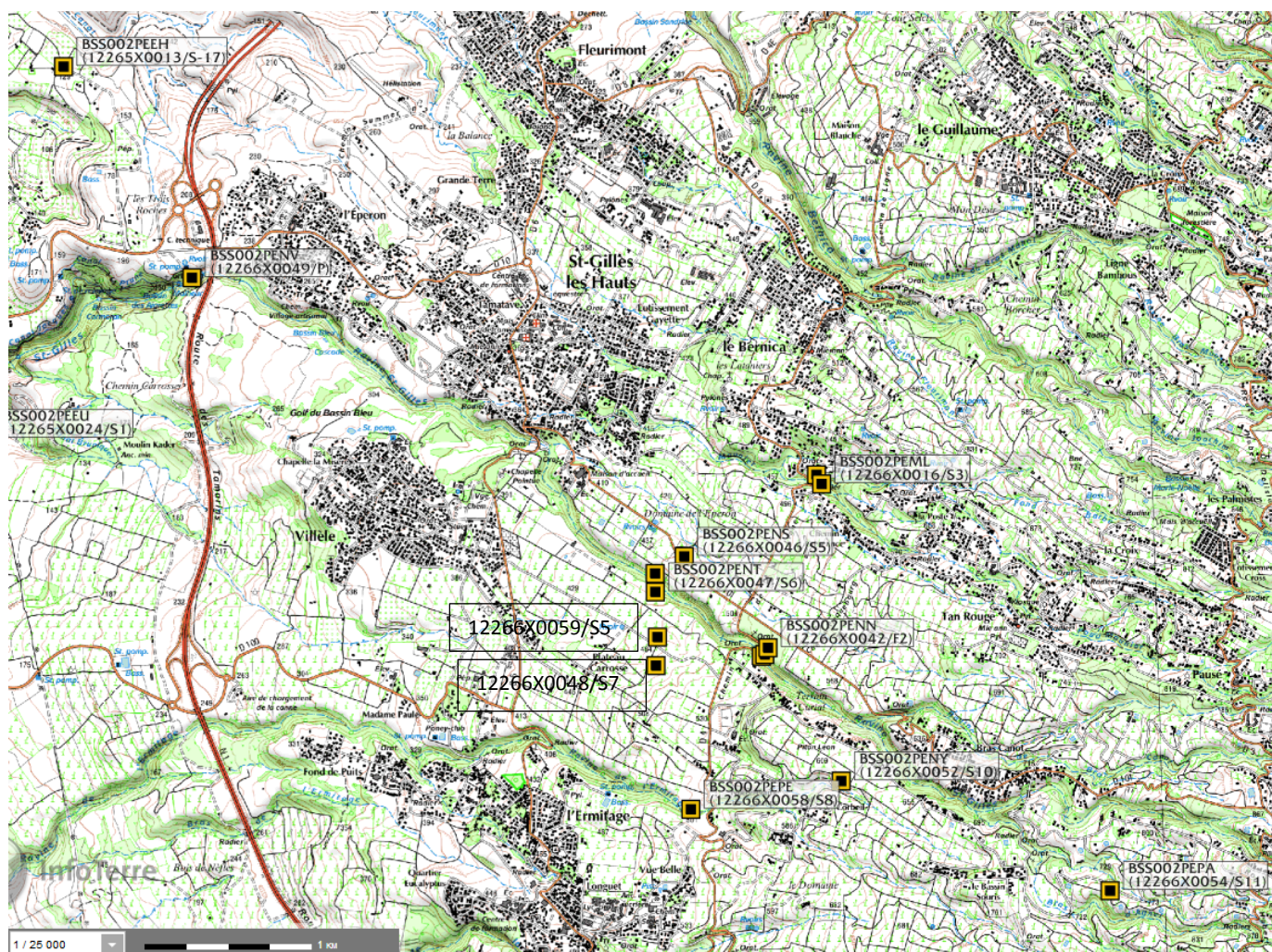


Figure 10 : Localisation de données de forages (source Infoterre)

Les autres informations hydrogéologiques disponibles sur le secteur sont les résurgences de la ravine Saint-Gilles. Elles sont associées aux coulées de laves qui ont comblé la première paléo-vallée. Les émergences sont étagées à différentes altitudes en fonction de l'existence de niveaux peu perméables (cœurs de coulées massives peu fracturées et niveaux d'alluvions anciennes jouant le rôle d'aquitard), d'autres à perméabilité privilégiée (base de coulées très fracturées et leurs couches de scories à la base) qui se superposent dans la série des coulées d'océanites. Les bases de coulées, souvent très diaclasées et parfois prismées, sont associées à toutes les émergences importantes.

Le réservoir principal est constitué par les coulées d'océanites phase II du Piton des Neiges, fortement diaclasées. Celles-ci reposent sur des alluvions anciennes argilisées peu perméables déposées en fond d'une ancienne paléo-ravine creusée dans les tufs de Saint-Gilles. D'autres systèmes aquifères secondaires existent au sein des coulées de phase III et IV Piton des Neiges, voire dans les tufs eux-mêmes. En aval, ces formations s'envoient au-dessous du niveau marin.

Les tufs constituent un terrain saturé peu perméable et contribuent au maintien d'un gradient piézométrique élevé dans la nappe de base. Le drain formé par l'ancienne paléo-ravine reçoit les eaux infiltrées collectées par un bassin versant souterrain bien plus étendu que le bassin topographique actuel. Son extension n'est pas totalement définie mais il s'étendrait en amont des émergences, entre



la Ravine du Bernica au Nord et celle des Trois Bassins au Sud (non superposition des bassins versants topographique et hydrogéologique<sup>1</sup>).

L'aquifère alimente ainsi les émergences de la ravine Saint Gilles réparties entre les altitudes 50 et 225 mètres. L'unicité de la structure aquifère qui donne lieu aux émergences de la ravine a été prouvée par traçage (injection de fluorescéine) entre le Bassin Malheur (côte 150m) et le Bassin des Aigrettes (100m) (F. Bocquée, 1980, REDETAR- DAF).

Si l'on considère selon tous les travaux jusqu'ici réalisés que le bassin versant de la ravine du Bernica (cf. Figure 5) correspond à la limite sud du bassin versant de l'Etang Saint Paul, alors le cimetière du Guillaume est intégré au bassin versant hydrogéologique de l'Etang Saint Paul, et les cimetières de Tan Rouge et Villèle sont intégrés au bassin versant de la ravine Saint Gilles.

L'incertitude existant sur la délimitation du bassin versant hydrogéologique de la ravine Saint Gilles, nous retiendrons l'hypothèse qui consiste à envisager que le cimetière de Villèle, le plus en aval, pourrait être situé sur le domaine de planèze qui contribue à alimenter les nappes côtières du secteur Hermitage, La Saline les bains.

## 2.8. Masse d'eau au sens du SDAGE

La Directive Cadre sur l'Eau a créé la notion de masse d'eau comme étant une unité élémentaire pour laquelle sont définis :

- Un état du milieu :
- Un objectif à atteindre, avec des dérogations éventuelles.

L'article 2 de la Directive Cadre définit une masse d'eau souterraine comme « un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou plusieurs aquifères » et un aquifère comme « une ou plusieurs couches souterraines ou autres couches géologiques d'une porosité et perméabilité suffisantes pour permettre soit un courant significatif d'eau souterraine, soit le captage de quantités importantes d'eau souterraine ».

Le SDAGE 2010-2015, identifiait 16 masses d'eau souterraine sur l'île de La Réunion, principalement exploitées sur la bordure littorale, en dessous de 300 m NGR, en raison de leur faible gradient. La délimitation des masses d'eau souterraines s'était appuyée sur un découpage réalisé lors de l'état des lieux en 2005.

---

<sup>1</sup> Les mesures de débit à l'étiage, réalisées par l'Office de l'Eau, révèlent l'apport majeur des sources au niveau du Bassin Malheur (bassin amont : 315 l/s) et du Bassin des Aigrettes (bassin médian : 110 l/s), l'existence de pertes ou d'apports entre les bassins, un apport relativement modeste au niveau du Bassin des Cormoran (95 l/s) et un débit total en sortie de 550 l/s. Une telle hydrométrie implique l'existence d'un bassin hydrogéologique des résurgences de la ravine Saint-Gilles nettement plus étendu que le bassin versant de la ravine.

Compte-tenu des éléments disponibles plus aboutis sur la connaissance hydrogéologique de La Réunion qu'en 2005, et notamment la mise à jour du référentiel hydrogéologique, 27 masses d'eau souterraines ont été identifiées, et codifiées de FRLG101 à FRLG127. Elles sont représentées en Figure 11.

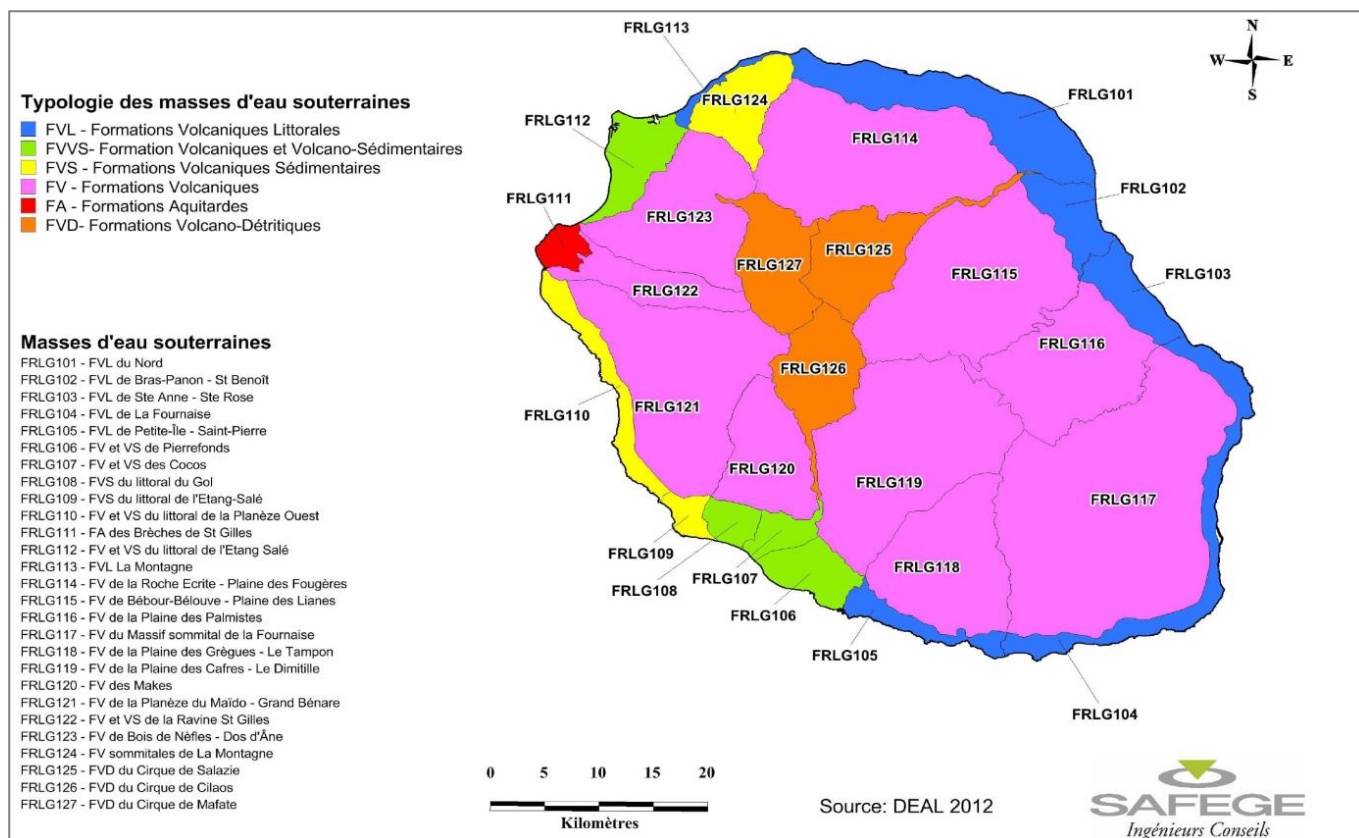


Figure 11 : Extrait du SDAGE 2016-2021 – carte des masses d'eau souterraines

Plus particulièrement au droit des sites des cimetières on retiendra :

- Cimetière de Villèle : masse d'eau FRLG122 mais potentiellement FRLG110 ou FRLG111 à l'aval
- Cimetière de Tan Rouge : masse d'eau FRLG123
- Cimetière du Guillaume : masse d'eau FRLG123

Les fiches de caractérisation de ces masses d'eau souterraine les présentent de la manière suivante :

La masse d'eau **FRLG110** qui comprend les nappes côtières de la Saline jusqu'à Saint Leu est située en frange côtière. Elle correspond aux formations volcaniques et volcano-sédimentaires du littoral de La Planèze Ouest. La nappe littorale est en équilibre hydrodynamique avec le biseau salé. L'exutoire principal de la masse d'eau FRLG110 est la mer. Sur cette masse d'eau, la nappe est particulièrement sensible au phénomène de salinisation où une minéralisation des eaux souterraines est en augmentation depuis quelques années. Nous rajouterons que les piézométries y sont faibles (quelques dizaines de centimètres) ainsi que les gradients du fait des fortes perméabilités. Les faibles alimentations et le régime hydrologique contribuent également à une invasion saline généralisée accentuée par les prélèvements pour l'AEP.

La fiche de synthèse de l'état de la masse d'eau FRLG110, est présentée en Figure 12.



FRLG109 : Formations volcaniques et volcano-sédimentaires du littoral de l'Etang Salé  
FRLG110 : Formations volcaniques et volcano-sédimentaires du littoral de la Planète Ouest  
FRLG121 : Formations volcaniques de La Planète du Maïdo - Grand Bénare

### Fiche de synthèse – FRLG 110

|                  | État     | Paramètre en cause       |
|------------------|----------|--------------------------|
| État chimique    | Mauvais  | Chlorures - conductivité |
| État Quantitatif | Médiocre | Intrusion saline         |

| Pressions                                 | Sources de pressions   | Évaluation des impacts sur la masse d'eau | Scénario tendanciel des pressions 2021 |  |
|---|--|---|--|--|
|   |  | Impact                                    | Scénario                               | Commentaires   |
| Ponctuelles significatives (GWPI3)        | Fuites de Sites contaminés   | Pas de pression identifiée                | -                                      |  |
|   | Fuites de décharges  | Pas de pression identifiée                | -                                      |  |
|   | Fuites des infrastructures pétrochimiques                          | Pas de pression identifiée                | -                                      |  |
|   | Fuites depuis des puits et puisards contenant des eaux contaminées | Pas de pression identifiée                | -                                      |  |
|   | Autres sources ponctuelles significatives                          | Pression forte – Impact non évalué        |  | Rejet de station d'épuration mis aux normes  |
| Diffuses significatives (GWPI4)           | Population non raccordée au réseau d'eaux usées                    | Non significatif                          | ↘                                      | Mise en place de SPANC, extension des réseaux collectifs   |
|   | Eaux de ruissellement urbain                                       | Inconnu                                   | ↗                                      | Densification de l'urbanisation  |
|   | Activités agricoles  | Non significatif                          | ↘                                      | Mise en œuvre du plan Ecophyto   |
| Prélèvements significatifs (GWPI5)        | Agriculture  | Significatif                              | -                                      | Mise en œuvre d'un plan de gestion partagée de la ressource. Attente des conclusions d'une étude BRGM. |
|   | Production d'eau potable   |   | -                                      |  |
|   | Activité industrielle  |   | -                                      |  |
|   | Carrières  |   | -                                      |  |
|   | Autres prélèvements significatifs                                  |   | -                                      |  |
| Intrusions salines significatives (GWPI6) | Intrusions salines   | Significatif                              | -                                      | -  |

|                           |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| Pressions cause de risque | Pression de prélèvement               |
|                           | Pressions dues aux intrusions salines |

| Risque de non atteinte des objectifs environnementaux |                        | Oui/Non |
|---|------------------------|---------|
| RNAOE   | RNAOE État chimique    | Oui     |
|   | RNAOE État quantitatif | Oui     |
|   | RNAOE global           | Oui     |

Comité de Bassin de La Réunion - État des lieux 2013

p13/14

Figure 12 : Extrait du SDAGE 2016-2021 – fiche de synthèse masse d'eau FRLG110

Les 2 masses d'eau FRLG111 et FRLG122. Correspondent à un seul système.

- La masse d'eau FRLG111 est située en frange côtière et correspond aux brèches d'avalanches (Cap Lahoussaye et tufs de Saint Gilles).
- La masse d'eau FRLG122 correspond au versant amont de FRLG111.

Selon la fiche de la masse d'eau, « la masse d'eau FRLG122 correspond à une unité aquifère en amont de la masse d'eau FRLG111. Il s'agit d'un complexe aquifère de base localisé dans les coulées basaltiques du Piton des Neiges. Les émergences de cette nappe soutiennent le débit de la ravine Saint-Gilles ». Les résultats des évaluations de ces masses d'eau sont rappelés ci-dessous :

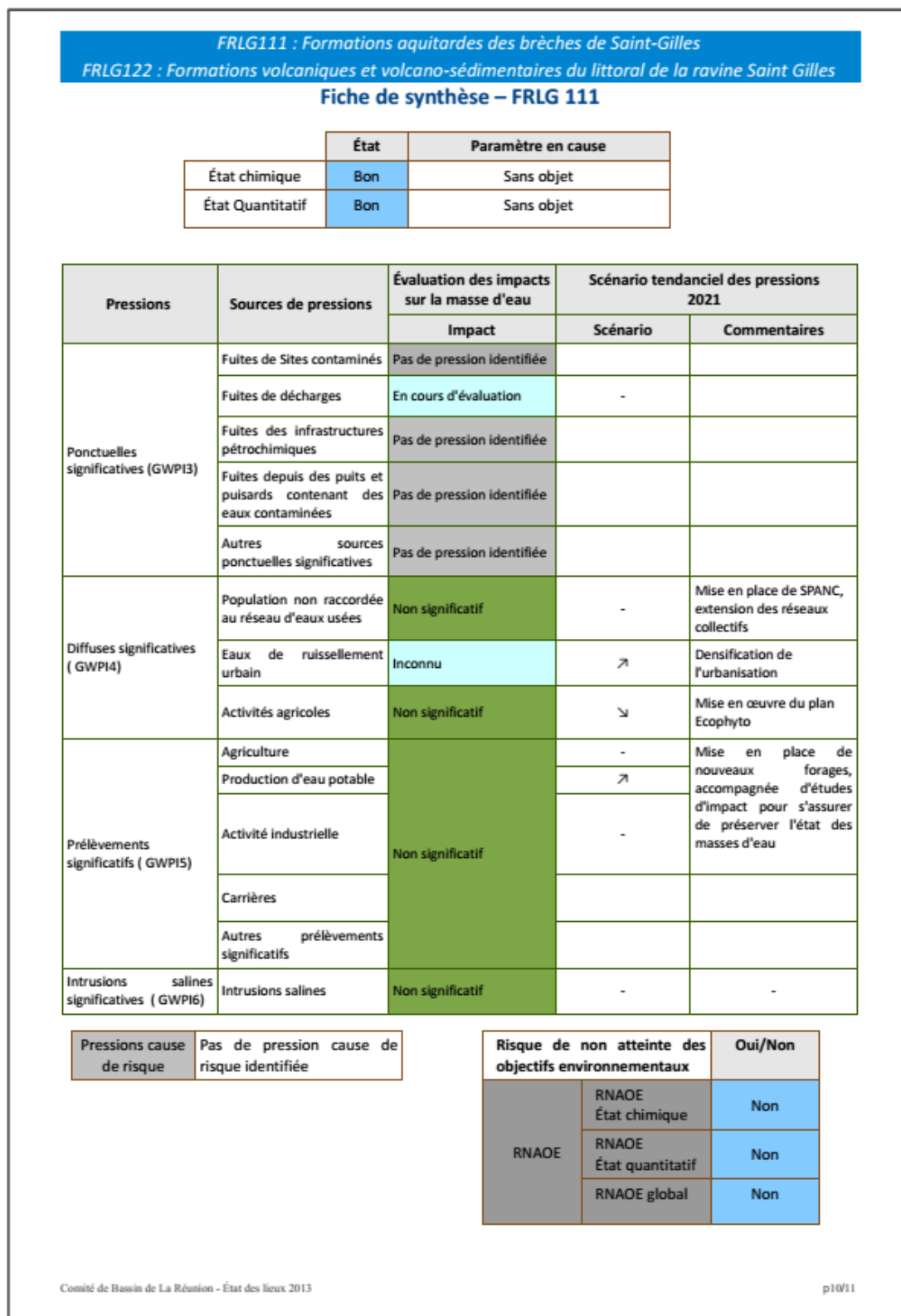


Figure 13 : Extrait du SDAGE 2016-2021 – fiche de synthèse masse d'eau FRLG111

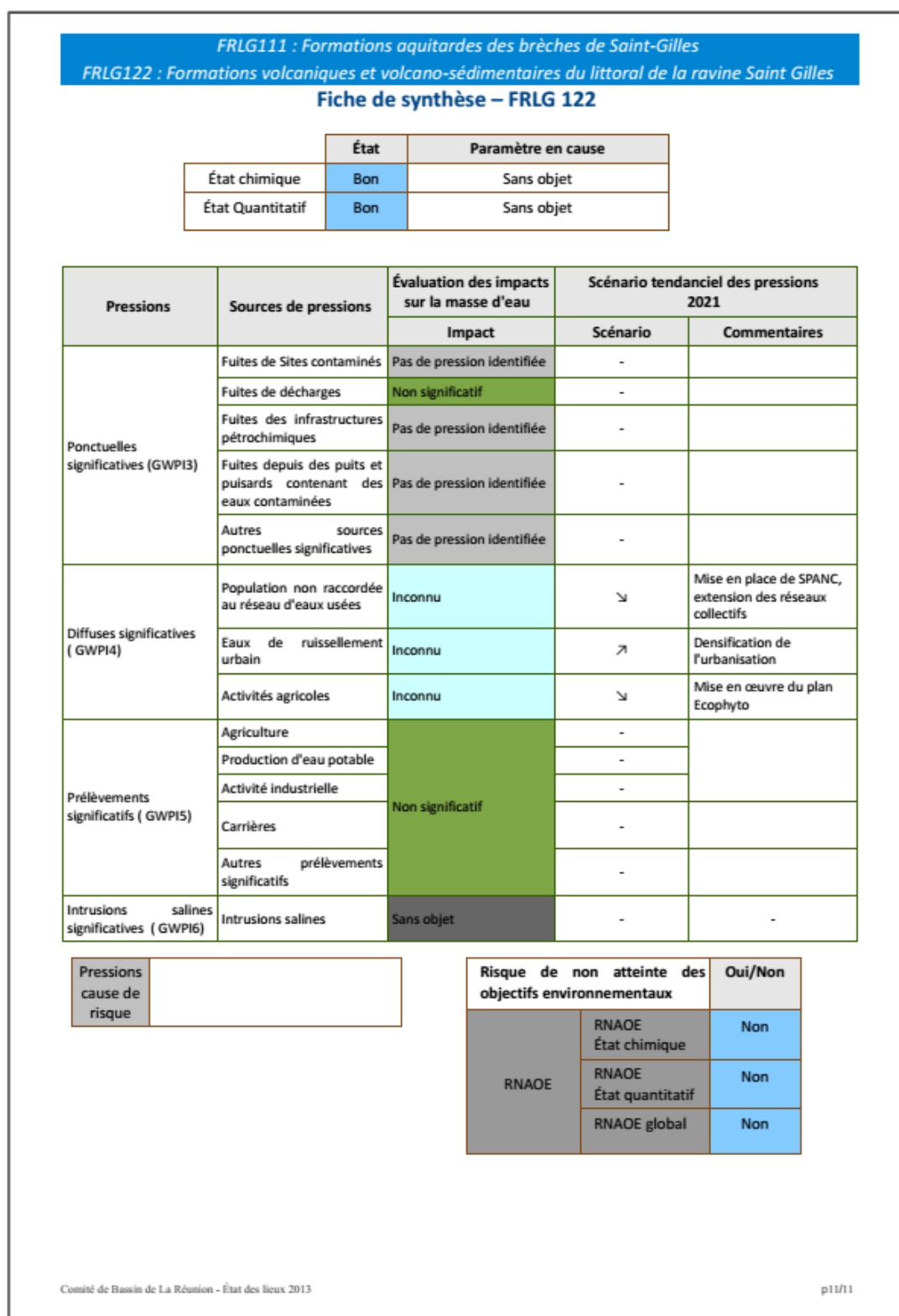


Figure 14 : Extrait du SDAGE 2016-2021 – fiche de synthèse masse d'eau FRLG122

Pour ce qui concerne la masse d'eau FRLG123, elle correspond aux formations volcaniques de Bois de Nèfles – Dos d'Âne. La masse d'eau FRLG123 correspond au versant amont de FRLG112 système aquifère de Saint Paul – Le Port, au-delà de la côte 200 m NGR.

NDLR : L'extension d'une même masse d'eau de part et d'autre de la rivière des Galets est discutable, le cours d'eau empêchant toute continuité hydraulique, mais le comportement et les formations

peuvent être jugés comparables. En revanche il existe des particularités d'alimentation qui amènent à techniquement devoir distinguer un secteur sud de la rivière des galets d'un secteur nord (existence du mini cirque de Dos D'âne, régime pluviométrique différent, pression agricole...).

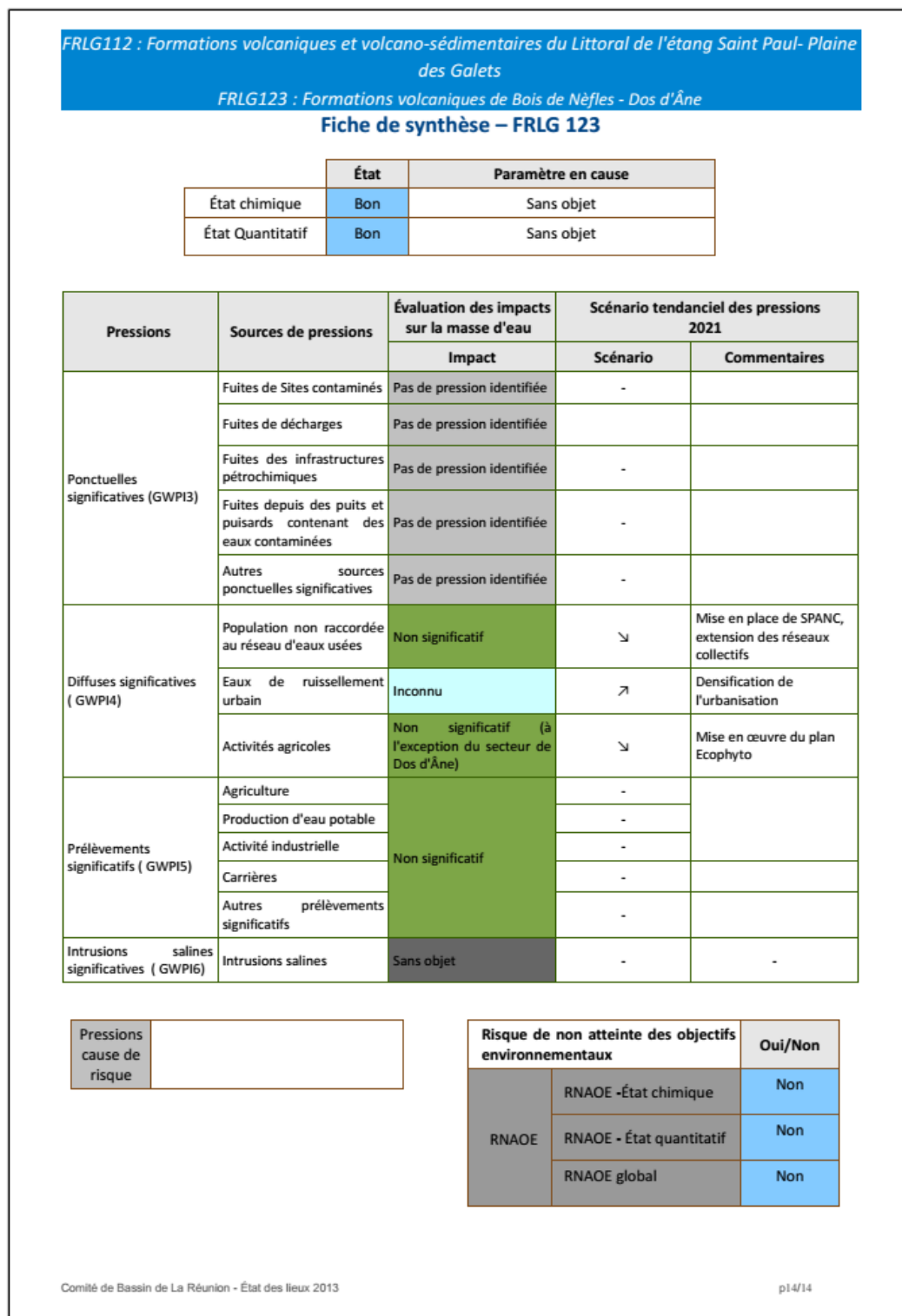


Figure 15 : Extrait du SDAGE 2016-2021 – fiche de synthèse masse d'eau FRLG123

Dans l'ensemble, les données de ces masses d'eau ne sont pas adaptées à l'échelle des projets de cimetières.



## 3. Vulnérabilité de la ressource

### 3.1. Vulnérabilité intrinsèque de la nappe

Dans le domaine de la qualité de l'eau, la vulnérabilité d'une ressource peut être définie, comme sa plus ou moins grande capacité de défense « naturelle » face à un processus de contamination ; cette notion étant à relier avec le degré d'exposition de la ressource.

La vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines du secteur a été définie dans l'étude BAC du BRGM (rapport n° RP-59057-FR) en utilisant une combinaison de deux critères, l'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR) et l'épaisseur de Zone Non Saturée.

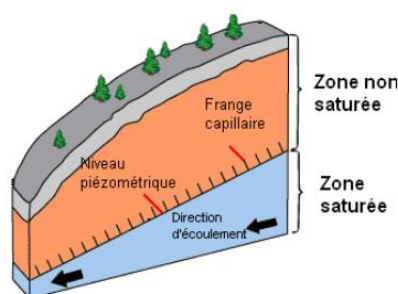


Figure 16 : Définition de la zone non saturée (<http://geology.er.usgs.gov/eespteam/brass/ground/groundintro.htm>)

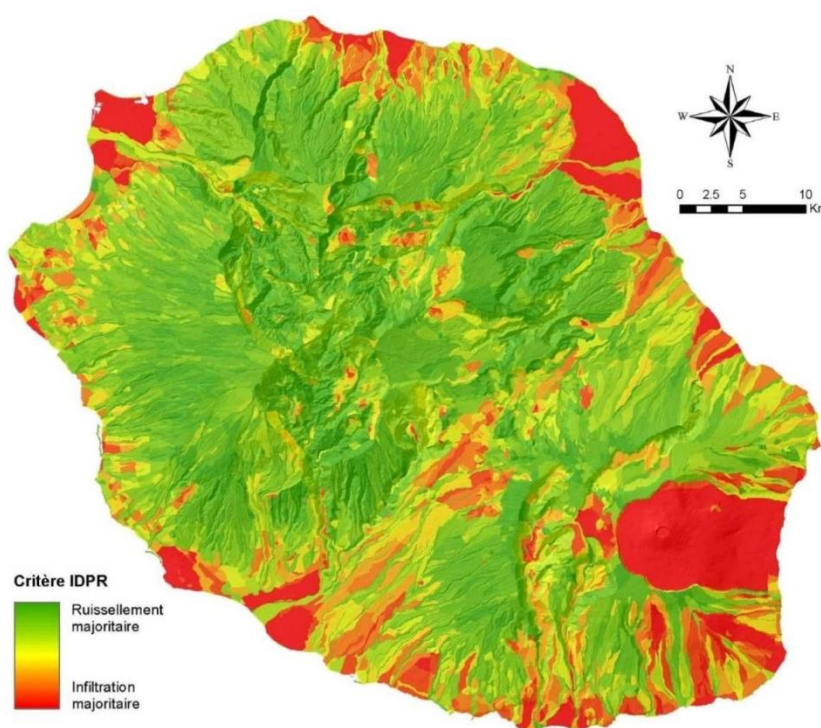
L'IDPR est calculé en fonction du type de nappe (libre, semi-captif, captif), de l'épaisseur de la zone non saturée, de la pente et de la rugosité.

La carte de l'IDPR ainsi obtenue est présentée sur la Figure 17

Figure 17 : Carte de l'IDPR pondéré  
(source : Rapport Bac BRGM)

Cette carte de l'IDPR, couplée à l'épaisseur des zones non saturées permet de définir la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines du secteur des cimetières.

Dans le cas présent, si l'on s'en réfère aux coupes des forages profonds de la zone et notamment le BSS002PENS-12266X0046/S5 (cf. Figure 10), sur ce forage sec de 300 m de profondeur (altitude sol 430 m NGR estimée), les terrains de la zone non saturée font donc plus de 300 m d'épaisseur.



Ils sont constitués par l'alternance d'horizons de basalte (scoriacé, vacuolaire ou massif aphyrique) et de niveaux de scories. Des scories et/ou basaltes altérés en produits argileux rouges ou marrons sont intercalés à faibles profondeurs.

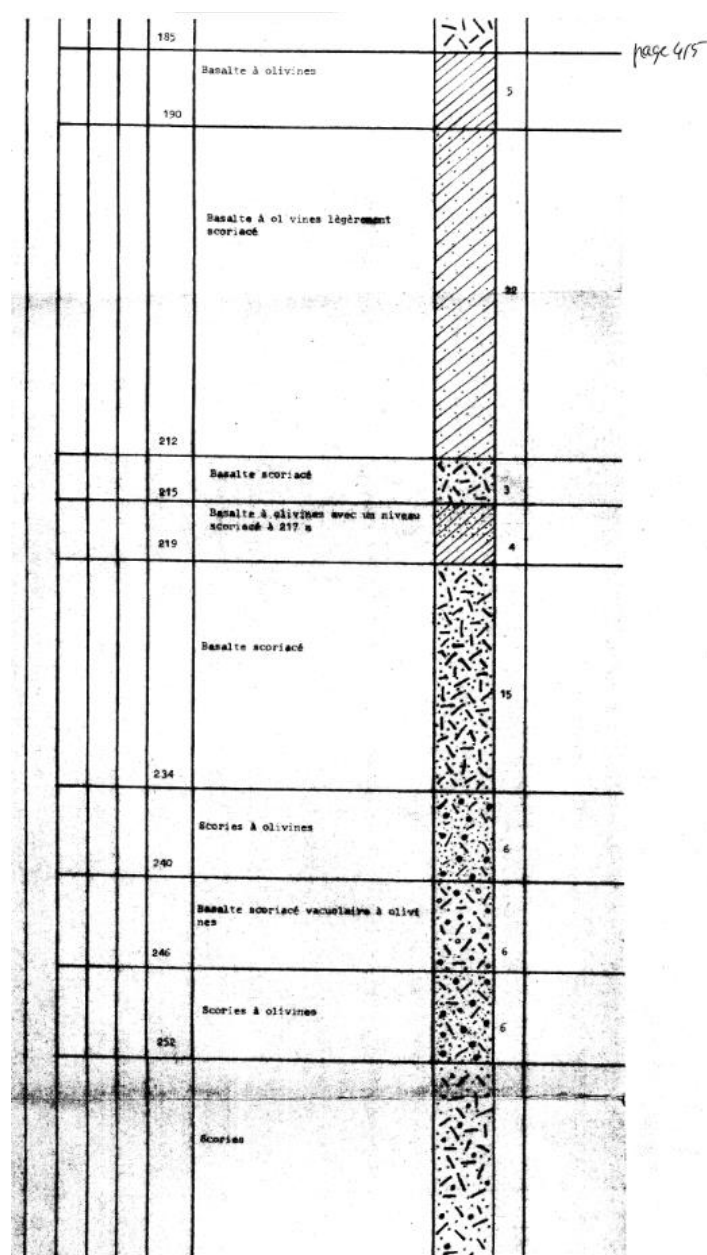
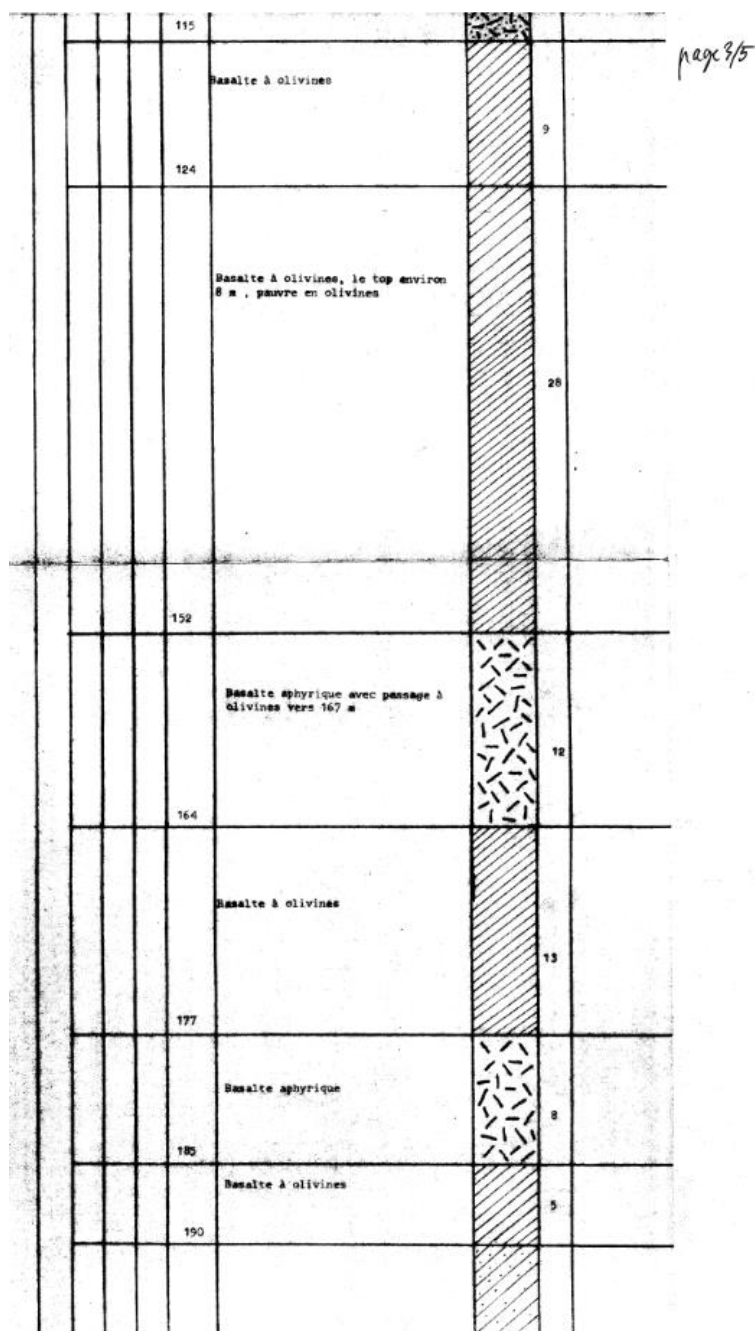
DIRECTION DÉPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE  
 SECTION HYDROGÉOLOGIE  
 12266X0015-46-  
 COORONNE : SAINT-PAUL  
 SAINT-GILES-LES-HAUTES N° 1  
 N° d'entrée aux APCH. 1.6.5.5  
 Page 45

| DUTILS | CRÉOTAGE     |    | PROFONDEUR<br>EN M. | NATURE DES TUBES  | COUPE | AU<br>PUISANCE<br>EN M. | OBSERVATIONS   |
|--------|--------------|----|---------------------|---|-------|-------------------------|--|
|        | Récupération | N° |                     |   |       |                         |  |
|        |              |    | 5                   | Argile d'altération de basalte altérée en boue  |       | 5                       |  |
|        |              |    | 9,20                | Basalte compact aphyrique   |       | 4,20                    |  |
|        |              |    | 12,65               | Tufe  |       | 3,45                    |  |
|        |              |    | 18                  | Basalte compact avec quelques cristaux de Feldspath   |       | 9,35                    |  |
|        |              |    | 25                  | Basalte scoriacé  |       | 7                       |  |
|        |              |    | 27                  | Basalte compact avec quelques cristaux de Feldspath   |       | 2                       |  |
|        |              |    | 36                  | Argile (probablement de décomposition de basalte altérée) avec quelques cristaux de Feldspath et légères veines de quartz. Basalte altéré avec un air à 34 m. |       | 9                       |  |
|        |              |    | 42                  | Basalte compact sans cristaux visibles  |       | 4                       |  |
|        |              |    | 44                  | Petit niveau de basalte scoriacé  |       | 2                       |  |
|        |              |    |                     | Basalte compact aphyrique   |       | 11,50                   |  |
|        |              |    | 55,30               |   |       |                         |  |
|        |              |    |                     | Basalte scoriacé  |       | 11,25                   | Perce totale de circulation entre 55 m et 77m. Intégration des données de la coupe |
|        |              |    | 67                  |   |       |                         |  |

Page 45

|     |  |  |  |  |  |    |  |
|-----|--|--|--|--|--|----|--|
| 57  |  |  |  |  |  |    |  |
| 73  |  |  |  | Basalte compact aphyrique                                  |  | 6  |  |
| 80  |  |  |  | Basalte aphyrique  |  | 7  |  |
| 83  |  |  |  | Basalte à olivines   |  | 3  |  |
| 87  |  |  |  | Basalte aphyrique  |  | 4  |  |
| 92  |  |  |  | Basalte à olivines   |  | 5  |  |
| 97  |  |  |  | Basalte aphyrique  |  | 5  |  |
| 101 |  |  |  | Basalte à olivines   |  | 4  |  |
|     |  |  |  | Basalte scoriacé   |  | 14 |  |
| 115 |  |  |  |  |  |    |  |
|     |  |  |  | Basalte à olivines   |  | 9  |  |
| 124 |  |  |  |  |  |    |  |
|     |  |  |  | Basalte à olivines, le top environ 8 m, pauvre en olivines |  | 28 |  |







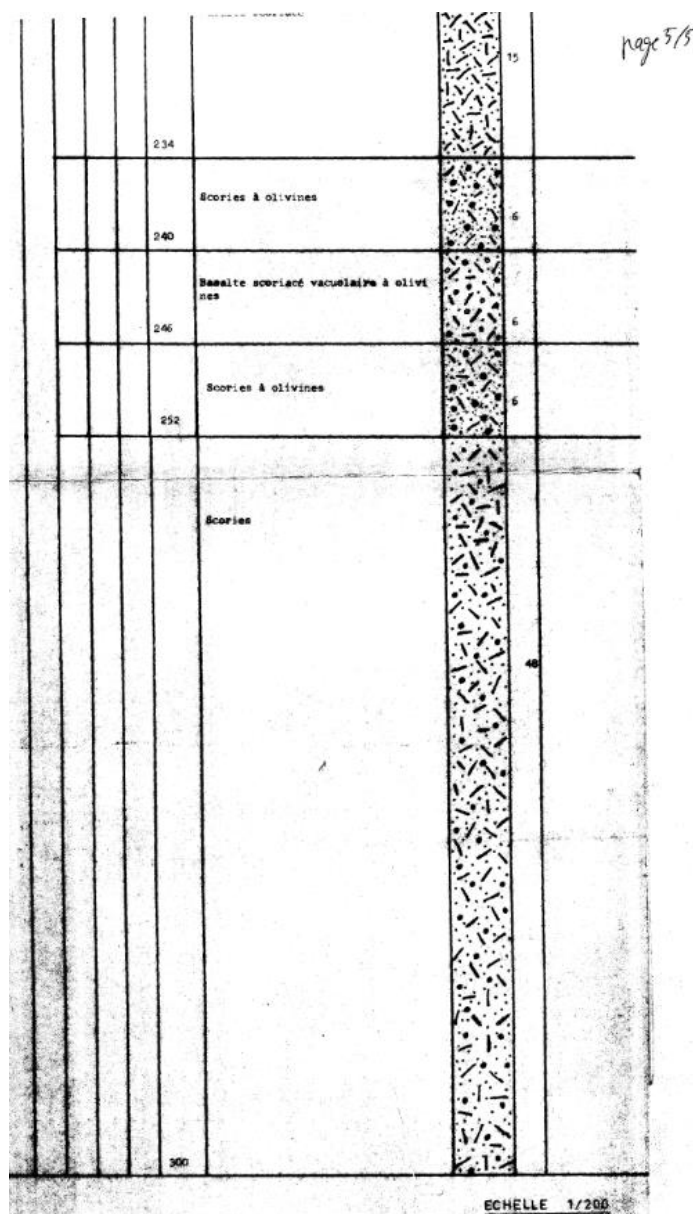


Figure 18 : Coupe géologique de l'ouvrage S5 n°BSS002PENS/12266X0046

Ces niveaux plus argileux, de faible épaisseur ne constituent pas une réelle protection de la nappe de base vis-à-vis d'éventuelles pollutions de surface ; considérés globalement sur toute l'épaisseur non saturée, ces terrains constituent une protection relativement efficace du fait de couches plus ou moins massives et de niveaux scoriacés altérés pas forcément mis en évidence.

La synthèse des données des 10 forages profonds réalisés somme toute dans un secteur réduit, a montré ponctuellement l'existence de nappes perchées à 60 m de profondeur pour 2 d'entre eux et 125 m pour deux autres.

Si ces nappes existent localement, cela est dû à l'existence de niveaux imperméables. La non généralisation de ces informations à l'échelle de ces 10 ouvrages induit à considérer que ces nappes perchées sont très localisées et/ou que les conditions de réalisation des forages n'ont pas permis de les identifier du fait de leur faible épaisseur et extension.

La vulnérabilité de la masse d'eau vis-à-vis des pollutions de surface paraît faible d'autant plus qu'elle se conjugue à une zone où l'aléa de pollutions accidentelles est faible, compte tenu de la faiblesse des activités industrielles. Le parcours de l'eau dans les terrains non saturés est alors suffisant pour assurer son épuration.

Pour compléter cette analyse de la vulnérabilité intrinsèque, la carte IDPR du BRGM sur laquelle nous avons reporté approximativement les projets de cimetière conduirait à considérer que :

- Le cimetière de Villèle est dans une zone à tendance d'infiltration majoritaire,
- Le cimetière de Tan Rouge est dans une zone à tendance de ruissellement majoritaire,
- Le cimetière du Guillaume est dans une zone à tendance d'infiltration majoritaire.

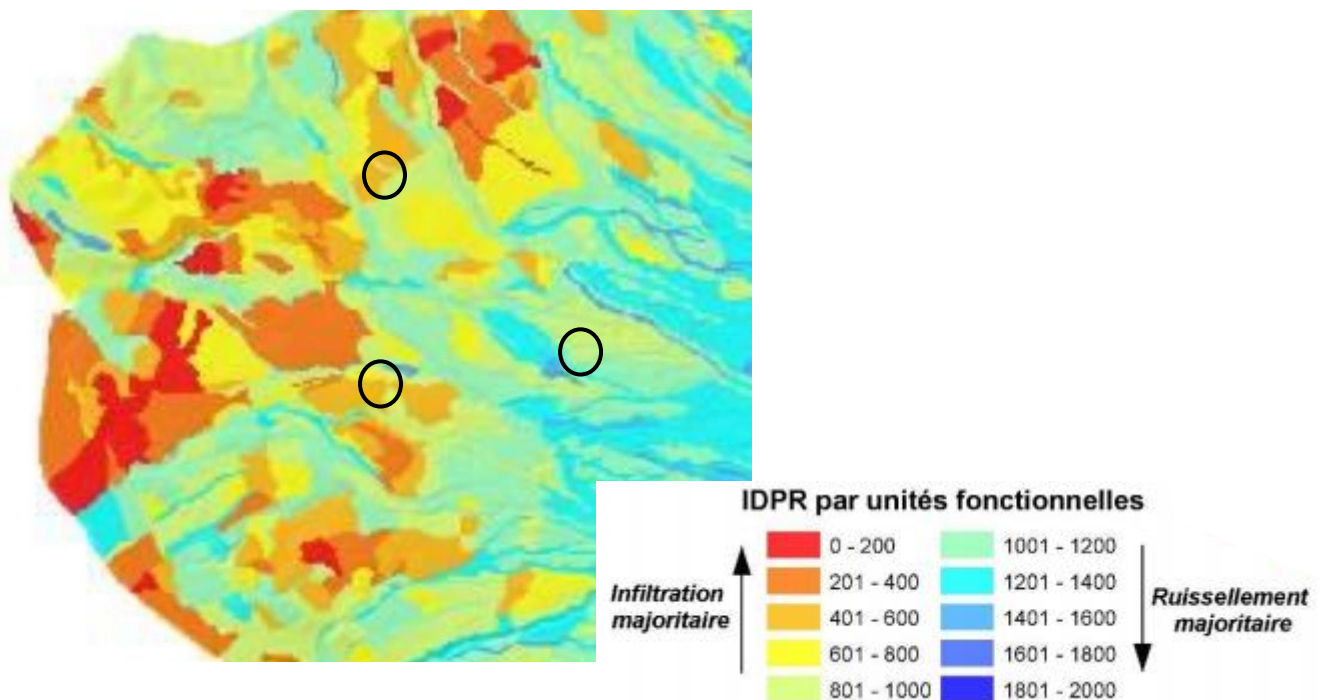


Figure 19 : Report des situations des cimetières sur la cartographie BRGM IDPR

Nous considérons donc que :

- Le cimetière de Villèle est dans une zone à tendance d'infiltration majoritaire (terrains récents fracturés) avec une épaisseur de zone non saturée d'environ 400 m au-dessus de la nappe de base (altitude nappe de base estimée 10 m NGR) ou suivant l'hypothèse considérée, 150 m au-dessus de la nappe de la ravine Saint Gilles (altitude nappe de la ravine Saint Gilles estimée 250 m NGR). La vulnérabilité intrinsèque de la ressource est **faible à moyenne selon l'hypothèse considérée**.
- Le cimetière de Tan Rouge est dans une zone à tendance à ruissellement majoritaire avec une épaisseur de zone non saturée d'environ 680 m au-dessus de la nappe de base (altitude nappe de base estimée 20 m NGR) ou 400 m au-dessus de la nappe de la ravine Saint Gilles (altitude nappe de la ravine Saint Gilles estimée 300 m NGR). La vulnérabilité intrinsèque de la ressource est **faible**.

- Le cimetière du Guillaume est dans une zone à tendance d'infiltration majoritaire avec une épaisseur de zone non saturée d'environ 490 m au-dessus de la nappe de base (altitude nappe de base estimée 10 m NGR). La vulnérabilité intrinsèque de la ressource est **faible**.

## 3.2. Vulnérabilité liée au projet du cimetière de Villèle

### 3.2.1. Investigations de terrain

Le cabinet Geiser a réalisé sur le site d'implantation du futur cimetière :

- 4 forages pressiométriques,
- 11 essais pressiométriques,
- 8 puits à la pelle.

Les puits à la pelle mécanique ont mis en évidence sur l'ensemble du site :

- Des terrains remaniés vraisemblablement lié à un épierrage du terrain sur 0,3 à 0,60 m,
- Des altérites limoneuses avec cailloux et rognons de basalte entraînant un refus sur zone indurée à partir de 0,60 à 0,80 m de profondeur.

Les sondages pressiométriques permettent d'identifier des altérites limoneuses avec cailloux et rognons de basalte jusqu'à environ 3-4 m de profondeur, des basaltes altérés au-delà.

Aucun essai d'infiltration n'ayant été effectué, nous qualifions ces matériaux de faiblement perméables par analogie avec des formations comparables connues.

Aucune venue d'eau n'a été mise en évidence.

### 3.2.2. Gestion des eaux pluviales

A proximité du cimetière, il n'y a pas de cours d'eau ou de fossés. En période de forte précipitation, les eaux de ruissellement du cimetière sont évacuées vers le réseau d'eau pluviale de l'entrée du cimetière puis de la route départementale qui aboutit à la ravine Saint Gilles. A cet endroit la ravine Saint Gilles est non pérenne.

### 3.2.3. Usages de la nappe à l'aval du cimetière

Un inventaire de terrain des points d'eau a été réalisé dans un rayon de 200 m autour du projet. Cet inventaire a pour but de vérifier :

- Des indices de présence d'une nappe autour du projet ;
- Les usages et la sensibilité des usages (arrosage, eau potable, irrigation, industriel) ;
- Les éventuels battements de nappe observés ou les problèmes de remontée de nappe (sous-sol, cave, caveau...).

Il n'a été constaté aucun puits, piézomètre, forage, lavoir ou émergences de sources.

Le recensement des données en matière de points d'eau et de prélèvements AEP a conduit à identifier uniquement les captages de la ravine Saint Gilles à 2,5 km à l'aval et les prélèvements des forages de l'Hermitage à 3,8 km. Le cimetière de Villèle n'est pas situé dans un périmètre de protection, ni dans une zone de surveillance renforcée.





Figure 20 : Inventaire des points d'eau de la Réunion (DAF REDETAR 1984)

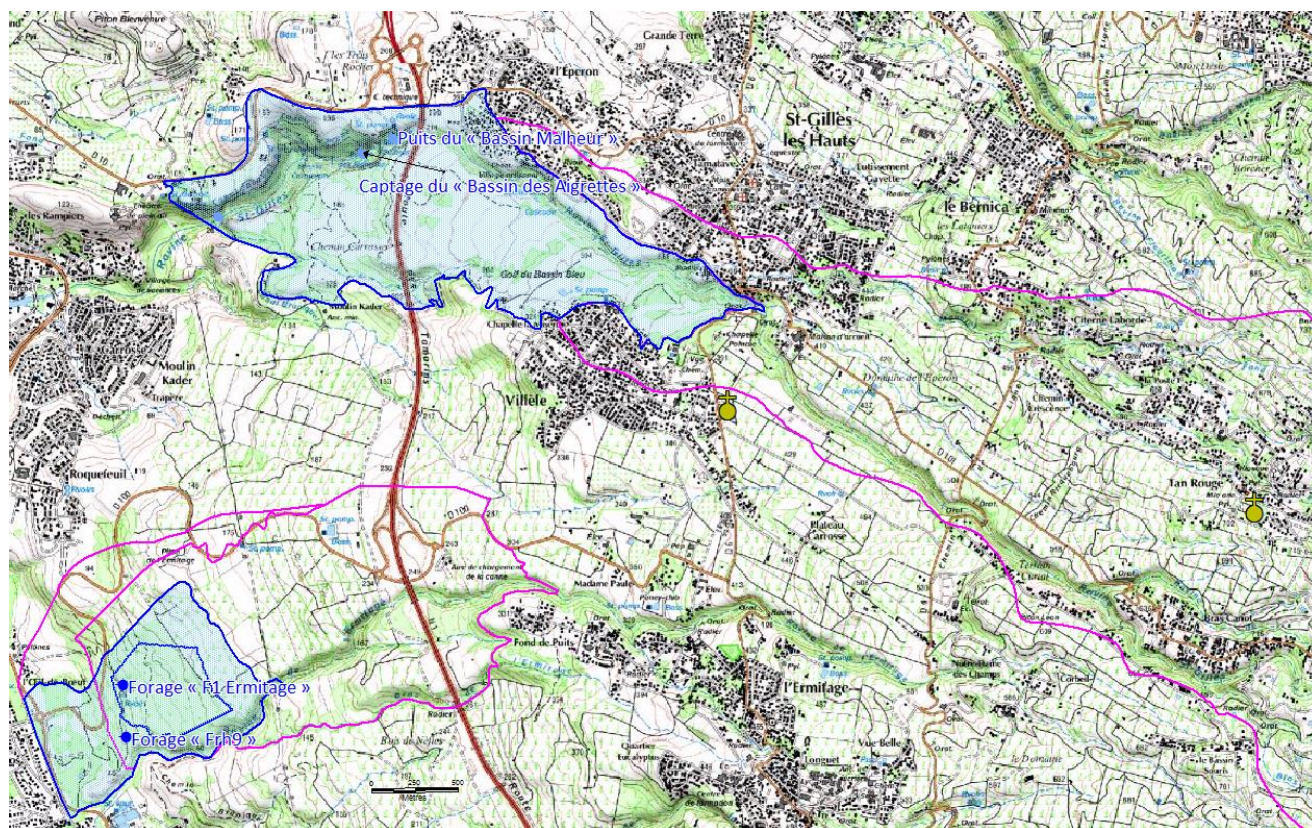


Figure 21 : Prélèvements d'eau potable (AEP) et périmètre de protection rapproché et zone de surveillance renforcée à l'aval du cimetière de Villèle (source : ARS)



### 3.2.4. Risque inondation

Le site est classé en aléa nul inondation.



Figure 22 : Extrait du PPR de Saint Paul (source risquesreunion.re)

### 3.2.5. Hygiène publique

Dans le cadre de la protection des captages d'eau potable « l'article L.2232-1 du Code général des collectivités territoriales régit la création d'un cimetière à moins de 35 mètres des habitations. L'article L. 2223-5 du Code général des collectivités territoriales interdit le creusement d'un puits à moins de 100 mètres des nouveaux cimetières (...). En l'état actuel des connaissances, la distance minimale de 35 mètres peut être considérée, pour des captages limités à un usage purement familial, comme une marge de sécurité acceptable dans de nombreux cas. Elle peut, par contre, se révéler insuffisante en cas de contexte hydrogéologique défavorable ou de prélèvement important d'eau souterraine (captage public). »

Il n'y a aucun usage de la nappe dans un rayon inférieur à 200 m. La nappe est profonde. En revanche, concernant la limite de 35 m par rapport aux habitations, deux habitations présentes sur les parcelles 713 et 835 sont présentes à 30 m de la limite de la future extension.

A titre de complément, le pouvoir épurateur de la couverture d'après la classification de Bølsenkötter en milieux fissurés (1984), issue de la classification de Rehse (1977) est calculé ci-dessous.

N.B : L'auteur a défini les épaisseurs de sols nécessaires, en condition non saturée, pour une épuration des eaux polluées (pollution bactériologique).

Le coefficient d'autoépuration des couches volcaniques est estimé à  $i = 0.017$  (soit 1,7 %). Pour obtenir un taux d'autoépuration d'épuration de 100 %, une épaisseur de 59 m est nécessaire. Elle est au minimum de 150 mètres dans le cas du cimetière de Villèle et le « pouvoir épurateur » est donc assuré.

### **3.2.6. Vulnérabilité du projet vis-à-vis de la ressource**

En regard des caractéristiques de la nappe, des usages recensés, des observations de terrain, de l'épaisseur de la zone non saturée, le projet ne rend pas vulnérable la ressource.

## **3.3. Vulnérabilité liée au projet du cimetière de Tan Rouge**

### **3.3.1. Investigations de terrain**

Le cabinet Geiser a réalisé sur le site d'implantation du futur cimetière :

- 5 forages pressiométriques,
- 10 essais pressiométriques,
- 10 puits à la pelle.

Les puits à la pelle mécanique ont mis en évidence sur l'ensemble du site :

- De la terre végétale sur environ 0,20 m d'épaisseur,
- Des limons marrons avec cailloux et rognons de basalte en faible pourcentage jusqu'à 3 m de profondeur.

Les sondages pressiométriques permettent d'identifier des limons marrons avec cailloux et rognons de basalte jusqu'à environ 4 m de profondeur.

Aucun essai d'infiltration n'ayant été effectué, nous qualifions ces matériaux de faiblement perméables par analogie avec des formations comparables connues.

Aucune venue d'eau n'a été mise en évidence.

### **3.3.2. Gestion des eaux pluviales**

A proximité du cimetière, il n'y a pas de cours d'eau ou de fossés. En période de forte précipitation, les eaux de ruissellement du cimetière sont évacuées vers la voirie du chemin Gardenat, qui aboutit à un thalweg rejoignant un affluent de la ravine Saint Gilles. Tous ces thalwegs ou ravines sont non pérennes.

### **3.3.3. Usages de la nappe à l'aval du cimetière**

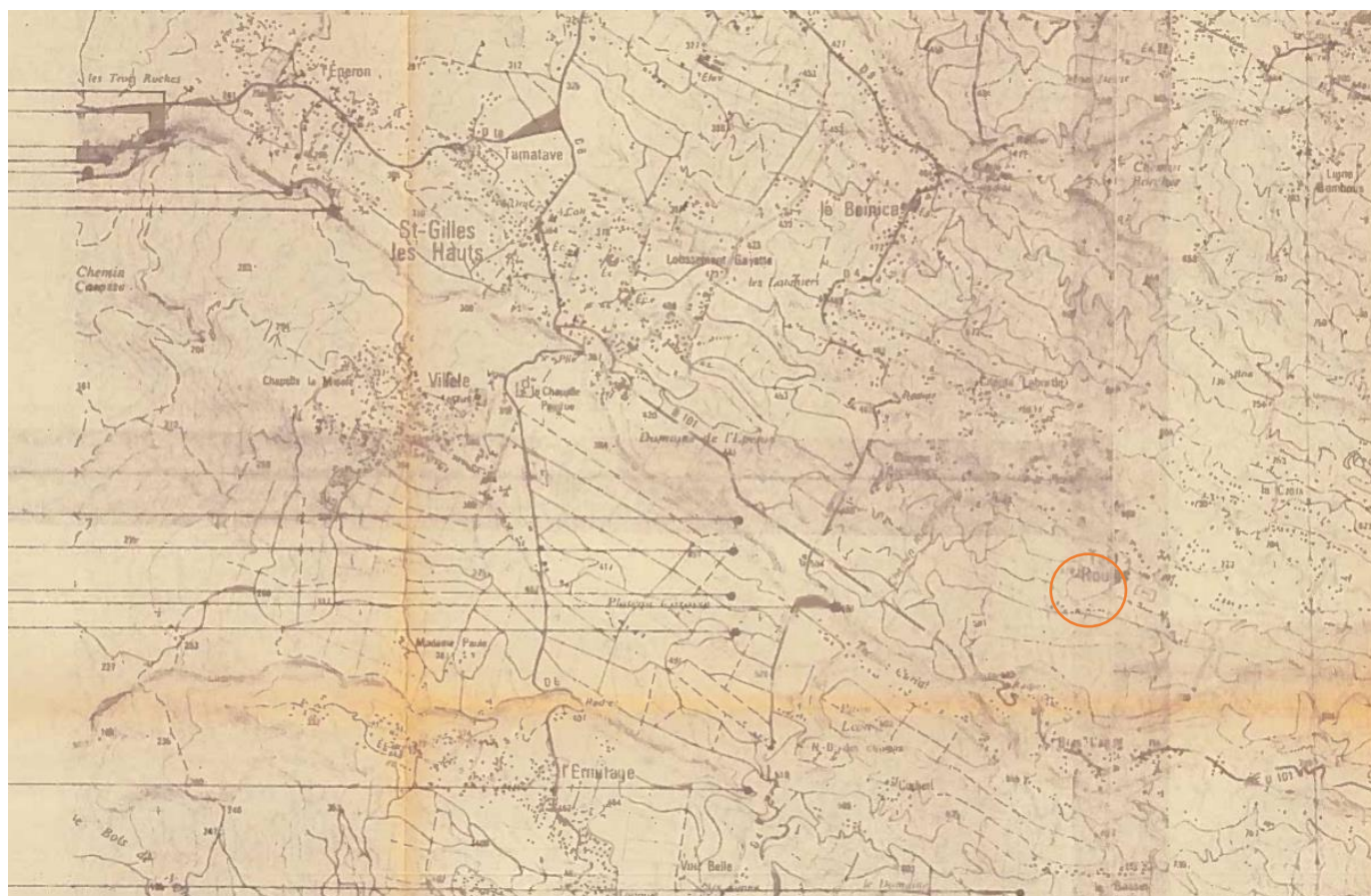
Un inventaire de terrain des points d'eau a été réalisé dans un rayon de 200 m autour du projet. Cet inventaire a pour but de vérifier :

- Des indices de présence d'une nappe autour du projet ;
- Les usages et la sensibilité des usages (arrosage, eau potable, irrigation, industriel) ;
- Les éventuels battements de nappe observés ou les problèmes de remontée de nappe (sous-sol, cave, caveau...).

Il n'a été constaté aucun puits, piézomètre, forage, lavoir ou émergences de sources.



Le recensement des données en matière de points d'eau de prélèvements AEP a conduit à identifier les captages de la ravine Saint Gilles à 5,5 km à l'aval et les prélèvements des forages de l'Hermitage à 6,6 km. Le cimetière de Tan Rouge n'est pas situé dans un périmètre de protection. Il est en revanche situé dans la zone de surveillance renforcée des captages de la ravine Saint Gilles. Cette zone n'a pas de prescriptions réglementaires mais vise à s'assurer du bon respect de la réglementation dans les projets.



**Figure 23 : Inventaire des points d'eau de la Réunion (DAF REDETAR 1984)**

Les points d'eau identifiés dans le document DAF REDETAR à l'aval du cimetière correspondent aux forages profonds présentés auparavant dans ce rapport.



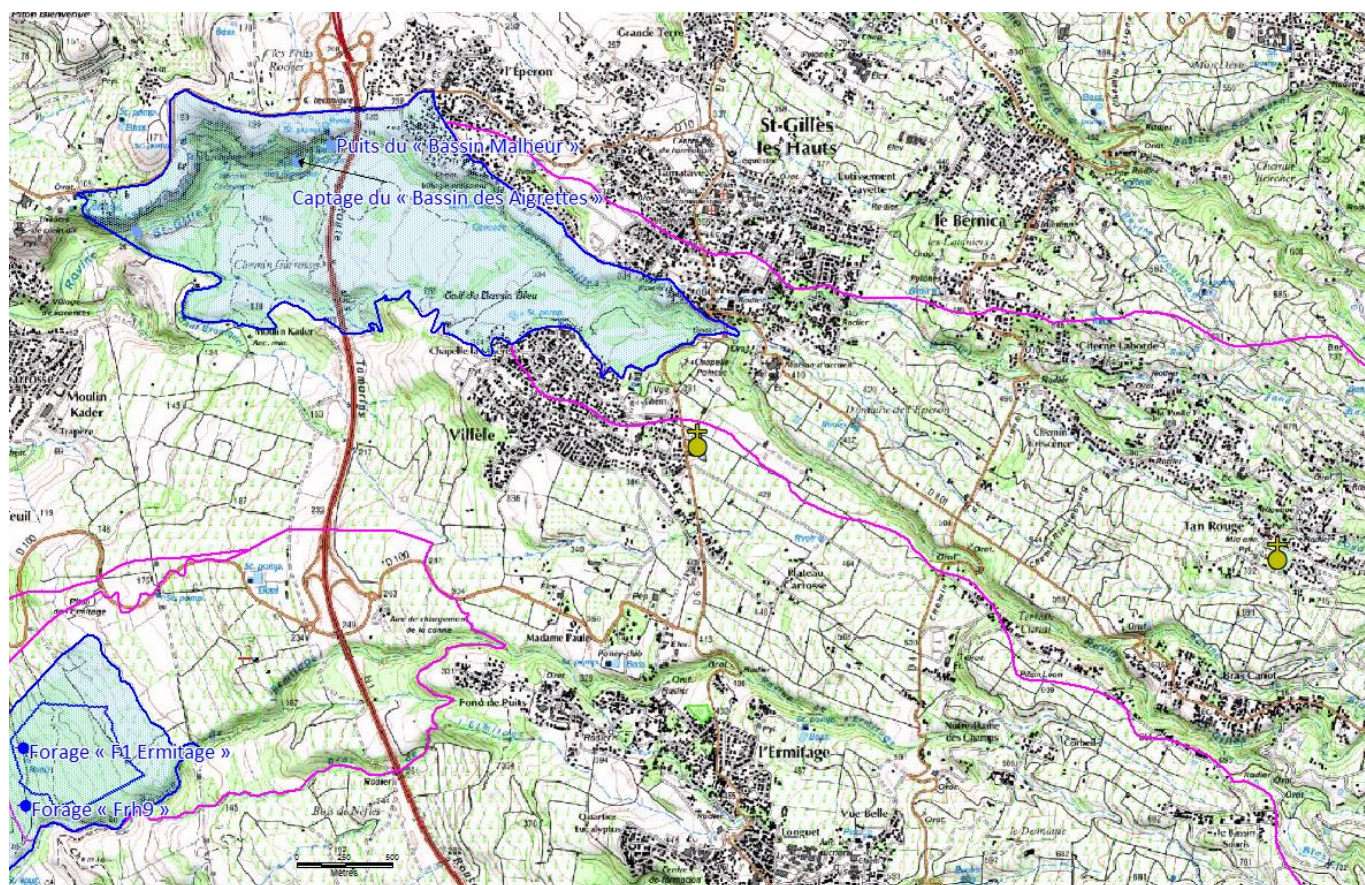


Figure 24 : Prélèvements d'eau potable (AEP) et périmètre de protection rapproché et zone de surveillance renforcée à l'aval du cimetière de Tan Rouge (source : ARS)

### 3.3.4. Risque inondation



Le site est classé en aléa nul inondation.

Figure 25 : Extrait du PPR de Saint Paul (source risquesreunion.re)



### 3.3.5. Hygiène publique

Dans le cadre de la protection des captages d'eau potable « l'article L.2232-1 du Code général des collectivités territoriales régit la création d'un cimetière à moins de 35 mètres des habitations. L'article L. 2232-5 du Code général des collectivités territoriales interdit le creusement d'un puits à moins de 100 mètres des nouveaux cimetières (...). En l'état actuel des connaissances, la distance minimale de 35 mètres peut être considérée, pour des captages limités à un usage purement familial, comme une marge de sécurité acceptable dans de nombreux cas. Elle peut, par contre, se révéler insuffisante en cas de contexte hydrogéologique défavorable ou de prélèvement important d'eau souterraine (captage public). »

Il n'y a aucun usage de la nappe dans un rayon inférieur à 100 m. La nappe est profonde. En revanche, concernant la limite de 35 m par rapport aux habitations, celles présentes à l'amont sont situées à moins de 35 m par rapport en limite de la future extension.

A titre de complément, le pouvoir épurateur de la couverture d'après la classification de Bølsenkötter en milieux fissurés (1984), issue de la classification de Rehse (1977) est calculé ci-dessous.

N.B : L'auteur a défini les épaisseurs de sols nécessaires, en condition non saturée, pour une épuration des eaux polluées (pollution bactériologique).

Le coefficient d'autoépuration des couches volcaniques est estimé à  $i = 0,017$  (soit 1,7 %). Pour obtenir un taux d'autoépuration d'épuration de 100 %, une épaisseur de 59 m est nécessaire. Elle est au minimum de 400 mètres dans le cas du cimetière de Tan Rouge et le « pouvoir épurateur » est donc assuré.

### 3.3.6. Vulnérabilité du projet

En regard des caractéristiques de la nappe, des usages recensés, des observations de terrain, de l'épaisseur de la zone non saturée, le projet ne rend pas vulnérable la ressource.

## 3.4. Vulnérabilité liée au projet du cimetière du Guillaume

### 3.4.1. Investigations de terrain

Le cabinet Geiser a réalisé sur le site d'implantation du futur cimetière :

- 3 forages pressiométriques,
- 8 essais pressiométriques,
- 5 puits à la pelle.

Les puits à la pelle mécanique ont mis en évidence sur l'ensemble du site :

- De la terre végétale et/ou des terrains remaniés sur environ 0,20 m d'épaisseur,
- Des altérites limoneuses marrons avec cailloux et rognons de basalte en pourcentage variable jusqu'au refus compris entre 0,90 et 1,80 m de profondeur.

Les sondages pressiométriques permettent d'identifier des altérites limoneuses marrons avec cailloux et rognons de basalte en pourcentage variable jusqu'à 4 m de profondeur sur un des sondages et jusqu'à moins de 1 m à 1 m pour les deux autres sondages, en dessous du basalte altéré jusqu'à 4 m de profondeur.



Aucun essai d'infiltration n'ayant été effectué, nous qualifions ces matériaux de faiblement perméables par analogie avec des formations comparables connues.

Aucune venue d'eau n'a été mise en évidence.

### 3.4.2. Gestion des eaux pluviales

A proximité du cimetière, il n'y a pas de cours d'eau. En période de forte précipitation, les eaux de ruissellement du cimetière sont évacuées vers le réseau pluvial de la route départementale 4 fossés de bord de route).

### 3.4.3. Usages de la nappe à l'aval du cimetière

Un inventaire de terrain des points d'eau a été réalisé dans un rayon de 200 m autour du projet. Cet inventaire a pour but de vérifier :

- Des indices de présence d'une nappe autour du projet ;
- Les usages et la sensibilité des usages (arrosage, eau potable, irrigation, industriel) ;
- Les éventuels battements de nappe observés ou les problèmes de remontée de nappe (sous-sol, cave, caveau...).

Il n'a été constaté aucun puits, piézomètre, forage, lavoir ou émergences de sources.

Le recensement des données en matière de points d'eau et de prélèvements AEP a conduit à identifier uniquement les puits et sources amont de l'étang Saint Paul (Puits Bouillon et Grande Fontaine) à 3 km à l'aval et 500 m de dénivelé en contrebas. Le cimetière du Guillaume n'est pas situé dans un périmètre de protection, ni dans une zone de surveillance renforcée.

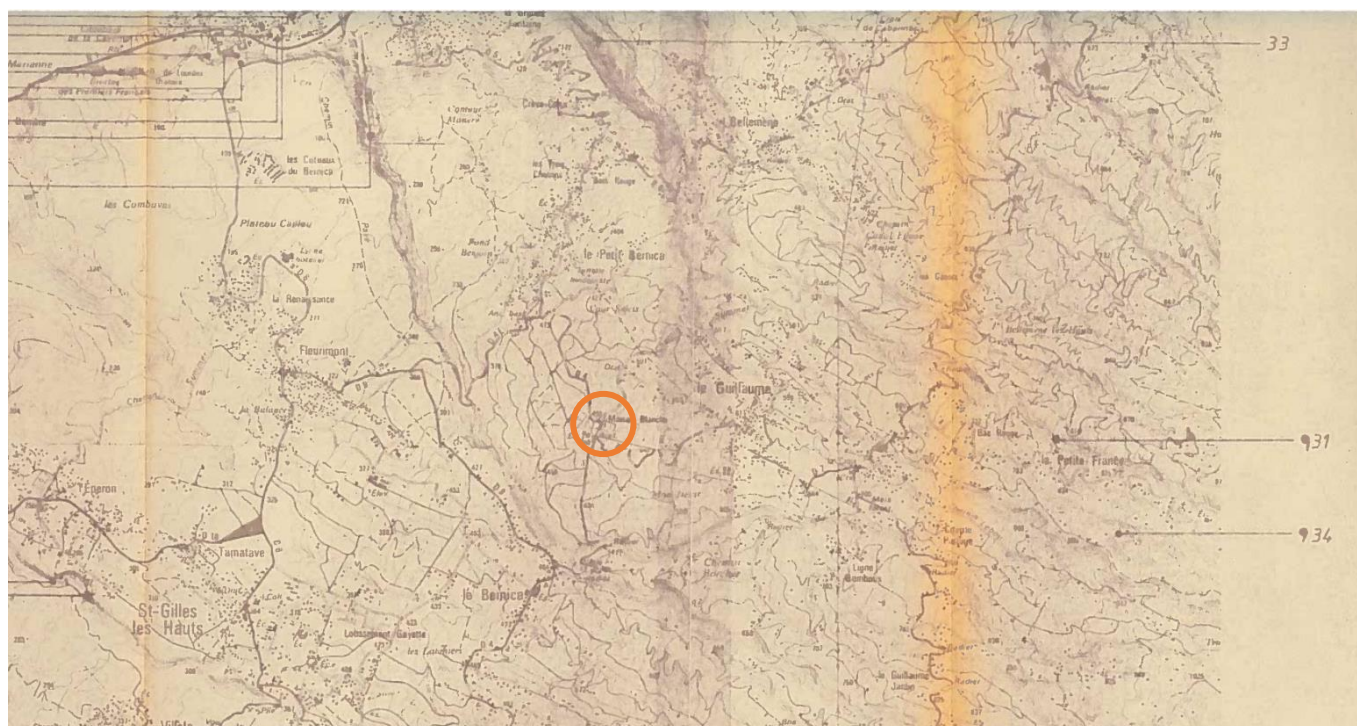


Figure 26 : Inventaire des points d'eau de la Réunion (DAF REDETAR 1984)



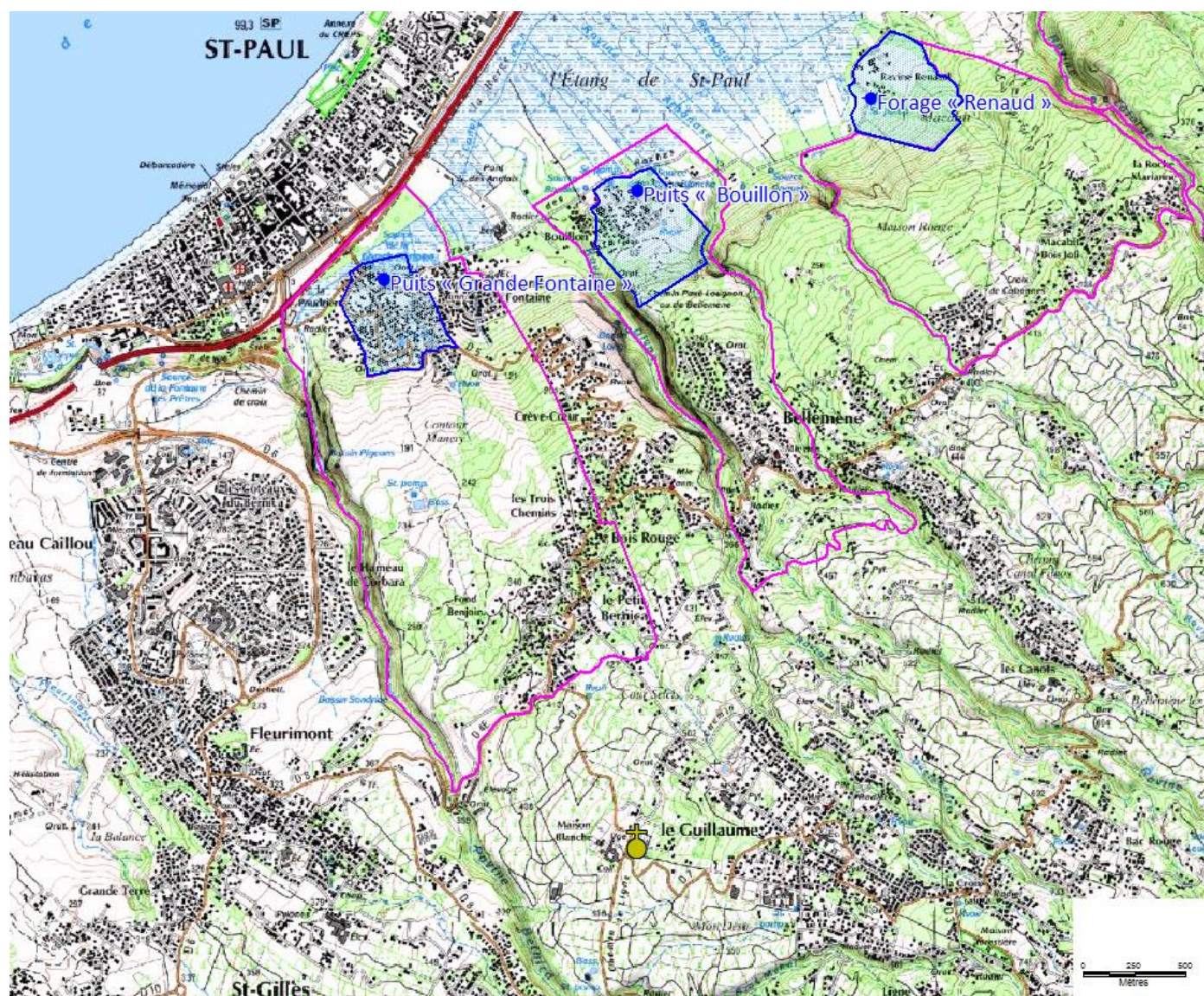


Figure 27 : Prélèvements d'eau potable (AEP) et périmètre de protection rapproché et zone de surveillance renforcée à l'aval du cimetière de Tan Rouge (source : ARS)

#### **3.4.4. Risque inondation**

Le site est classé en aléa nul inondation.



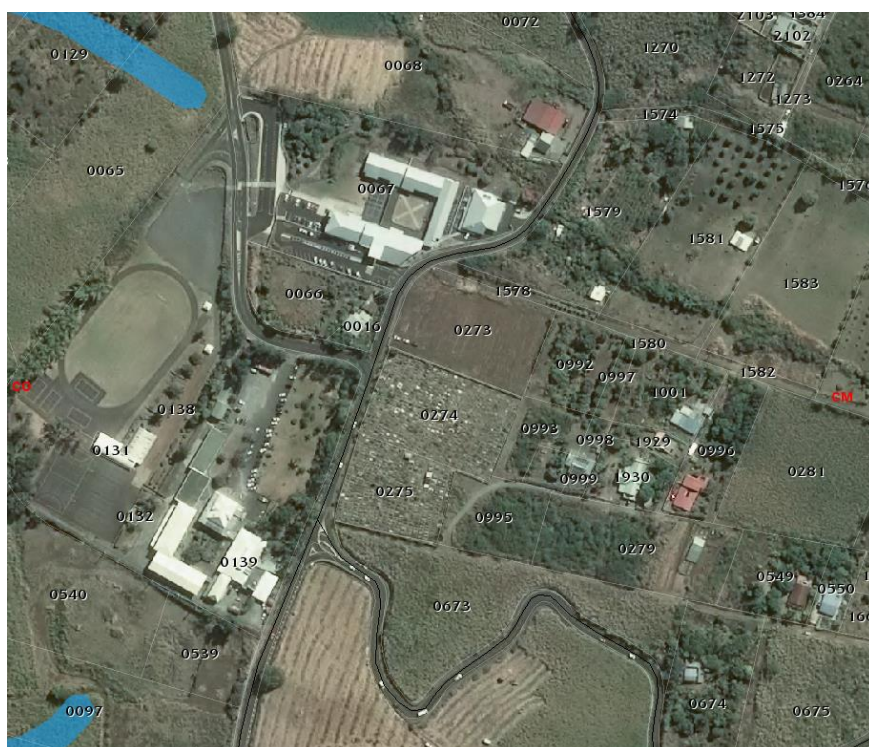


Figure 28 : Extrait du PPR de Saint Paul (source risquesreunion.re)

### 3.4.5. Hygiène publique

Dans le cadre de la protection des captages d'eau potable « l'article L.2232-1 du Code général des collectivités territoriales régit la création d'un cimetière à moins de 35 mètres des habitations. L'article L. 2233-5 du Code général des collectivités territoriales interdit le creusement d'un puits à moins de 100 mètres des nouveaux cimetières (...). En l'état actuel des connaissances, la distance minimale de 35 mètres peut être considérée, pour des captages limités à un usage purement familial, comme une marge de sécurité acceptable dans de nombreux cas. Elle peut, par contre, se révéler insuffisante en cas de contexte hydrogéologique défavorable ou de prélèvement important d'eau souterraine (captage public). »

Il n'y a aucun usage de la nappe dans un rayon inférieur à 100 m. La nappe est profonde. En revanche, concernant la limite de 35 m par rapport aux habitations, le lycée de Maison Blanche est situé à moins de 35 m des limites de la future extension.

A titre de complément, le pouvoir épurateur de la couverture d'après la classification de Bølsenkötter en milieux fissurés (1984), issue de la classification de Rehse (1977) est calculé ci-dessous.

N.B : L'auteur a défini les épaisseurs de sols nécessaires, en condition non saturée, pour une épuration des eaux polluées (pollution bactériologique).

Le coefficient d'autoépuration des couches volcaniques est estimé à  $i = 0,017$  (soit 1,7 %). Pour obtenir un taux d'autoépuration d'épuration de 100 %, une épaisseur de 59 m est nécessaire. Elle est au minimum de 500 mètres dans le cas du cimetière du Guillaume et le « pouvoir épurateur » est donc assuré.



#### **3.4.6. Vulnérabilité du projet**

En regard des caractéristiques de la nappe, des usages recensés, des observations de terrain, de l'épaisseur de la zone non saturée, le projet ne rend pas vulnérable la ressource.

## 4. Conclusions

En regard des éléments de connaissance hydrogéologique, des usages de l'eau et du contexte des extensions des cimetières de Villèle, Tan Rouge et du Guillaume, ces projets ne présentent pas de risque d'augmenter la vulnérabilité de la ressource en eau.

## Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <https://www.anteagroup.fr/fr/annexes>





Antea Group est certifié :



SITES ET SOLS POLLUÉS  
NF X 31-628-3  
ÉTUDES, ASSISTANCE  
ET CONTRÔLE



SITES ET SOLS POLLUÉS  
NF X 31-628-3  
INGÉNÉRIE DES TRAVAUX  
DE RÉHABILITATION



[www.lne.fr](http://www.lne.fr)