



ANNEXE C

AVIS DE L'HYDROGEOLOGUE (ARS, 2025)

Département de la Réunion

Commune de Saint-Pierre

FORAGE LIGNE PARADIS (BSS002PKCG)

***INSTAURATION DES PÉRIMÈTRES DE PROTECTION ET AUTORISATION DE
PRÉLÈVEMENT POUR LA CONSOMMATION HUMAINE***

AVIS DE L'HYDROGÉOLOGUE AGRÉÉ

juillet 2025

Laurent BRET

Hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique

Table des matières

Introduction.....	5
Synthèse technique.....	6
I. Les ressources en eaux du périmètre irrigué Sud.....	6
I.1 Origine de l'eau produite par les réseaux du Département sur le périmètre irrigué Sud.....	6
I.2. Les volumes annuels produits.....	7
I.3. La variation des volumes d'eau souterraine produits au cours du temps.....	8
I.3.a. Une variation saisonnière.....	8
I.3.b. Une variation inter-annuelle.....	9
I.4. Insertion du Forage Ligne Paradis dans le réseau du Bras de La Plaine.....	9
I.5. Utilisation prévue du Forage Ligne Paradis.....	10
I.6. Impact probable de l'évolution du climat.....	11
I.7. Synthèse.....	11
II. Description de l'ouvrage : « Forage Ligne Paradis ».....	11
II.1 Situation géographique.....	11
II.2. Caractéristiques techniques.....	12
II.2.a Historique.....	12
II.2.b Équipement de l'ouvrage en 2021.....	13
II.2.c. Nettoyage de l'ouvrage en 2023.....	14
II.2.d Équipement de l'ouvrage en 2023.....	15
II.2.e Nappe exploitée par l'ouvrage.....	16
II.2.f Piézométries mesurées dans l'ouvrage.....	16
II.2.g Exploitation de l'ouvrage.....	17
III. Contexte géologique, hydrologique et hydrogéologique.....	17
III.1. Données géologiques régionales.....	17
III.2 Le réseau hydrographique proche.....	19
III.3 L'aquifère sollicité par le forage.....	20
III.3.a Ouvrages implantés dans les environs proches.....	20
III.3.b Carte piézométrique disponible dans le secteur.....	21
III.3.c Profil hydrogéologique.....	22
III.3.d Caractéristiques hydrauliques de la nappe.....	22
III.3.e Évaluation des masses d'eau souterraines concernées.....	23
III.3.f Une vulnérabilité aux intrusions salines.....	23
IV. Caractéristiques techniques de l'ouvrage.....	24
IV.1 Paramètres hydrauliques.....	24
IV.2 Débit d'exploitation recommandé.....	25
IV.3 Calcul de la zone d'appel du forage.....	25
IV.4 Détermination de l'aire d'alimentation du forage.....	26
IV.5 Les périmètres de protection existant à proximité de l'ouvrage.....	27
V. La vulnérabilité de l'aquifère.....	28
V.1. Sources de pollution potentielles.....	28
V.1.a Les activités agricoles.....	28
V.1.b L'habitat.....	29
V.1.c Les voies de circulation.....	30

V.1.d Les activités industrielles.....	31
V.1.e Les déchets et dépôts sauvages.....	31
V.1.f L'assainissement des eaux usées et pluviales.....	32
V.1.g Les eaux de ruissellement.....	33
V.1.h Les eaux souterraines.....	34
V.1.i Les aléas inondation et glissement de terrain.....	35
IV.1.j Les risques de pollution par le sel.....	36
V.2. Protection naturelle de la nappe.....	36
V.3. Protection au niveau de l'ouvrage.....	36
V.3.a. Vis à vis des eaux d'infiltration.....	36
V.3.b. Vis à vis des intrusions malveillantes.....	37
V.4. Influence des fortes pluies sur la nappe captée.....	37
V.4. Bilan.....	39
VI. Caractéristiques et qualité de l'eau du forage.....	40
VI.1. Paramètres physico-chimiques.....	41
VI.1.a. La température et pH.....	41
VI.1.b. La conductivité et la minéralisation.....	41
VI.1.c. Le rapport Cl/Na et l'influence marine.....	42
VI.1.d. La turbidité.....	42
VI.1.e. Les paramètres azotés : nitrites et nitrates.....	43
VI.2. Produits phytosanitaires.....	44
VI.2.a. Les pesticides.....	44
Que nous apprend le suivi des nappes du Sud par l'Office de l'Eau ?.....	44
Que montrent les deux analyses d'eau du Forage Ligne Paradis ?.....	45
VI.2.b. Les micro-polluants organiques et micro polluants émergents.....	45
Que nous apprend le suivi des nappes du Sud par l'Office de l'Eau ?.....	45
Que montrent les deux analyses d'eau du Forage Ligne Paradis ?.....	46
VI.3. Paramètres microbiologiques.....	46
VI.3.a Les bactéries coliformes et limite de qualité.....	46
VI.3.b Les Pseudomonas aeruginosa.....	46
Y a t'il une limite de qualité associée à ces bactéries ?.....	46
Quels sont les risques pour la santé ?.....	46
Comment traiter l'ouvrage pour contrôler sa prolifération ?.....	46
VI.4. Bilan.....	47
VII. Le dispositif de traitement de l'eau.....	48
Avis de l'hydrogéologue agréé.....	49
A. Proposition de périmètres de protection.....	49
A.1 Le Périmètre de Protection Immédiate (PPI).....	49
A.1.a Limites proposées.....	49
A.1.b Les aménagements du Périmètre de Protection Immédiate.....	50
A.2. Les Périmètres de Protection Rapprochée (PPR).....	51
A.2.a. Le PPR-Zone A.....	52
A.2.a.1 Réglementations :	53
Assurer la traçabilité des apports.....	53
Utiliser de façon raisonnée et adaptée les produits phytosanitaires et les fertilisants.....	53
Éviter les risques de contamination du sol par les éléments organiques ou chimiques.....	53
Eviter les risques d'érosion du sol.....	54

Préserver les zones boisées.....	54
A.2.a.2. Interdictions :.....	54
Pour les activités touristiques.....	54
Pour les activités agricoles et d'élevage.....	54
Pour la gestion des espaces boisés et naturels.....	55
Pour la gestion des matières polluantes.....	55
Pour la gestion de l'aménagement du territoire.....	56
A.2.b. Le PPR-Zone B.....	56
A.2.b.1. Réglementations :.....	56
Assurer la traçabilité des apports au sein des exploitations agricoles.....	56
Utiliser de façon raisonnée et adaptée des produits phytosanitaires et des fertilisants.....	56
Limiter les risques de pollution organiques ou chimiques sur l'espace agricole.....	57
Limiter les risques de pollution organiques ou chimiques sur l'ensemble du périmètre.....	58
A.2.b.2. Interdictions :.....	58
Pour les activités agricoles et d'élevage :.....	58
Pour la gestion de l'aménagement du territoire.....	58
Pour la gestion des matières polluantes.....	59
A.3. La Zone de Surveillance Renforcée (ZSR).....	59
A.3.a. Assurer la traçabilité des apports en milieu agricole :.....	61
A.3.b. Utilisation raisonnée et adaptée des produits phytosanitaires et des fertilisants :.....	61
A.3.c. Limiter les risques de pollution organique ou chimique en milieu agricole ou urbain :.....	61
B. Aménagements et travaux à réaliser dans les périmètres.....	61
Nettoyage et entretien régulier de l'ouvrage.....	61
Sécurisation des réseaux d'évacuation des eaux (pluviales et usées) au sein du PPR.....	62
La gestion des dépôts sauvages au sein du PPR-A.....	62
C. Le traitement de l'eau et la surveillance de la chimie de l'eau.....	63
L'eau produite est potable.....	63
Le suivi de la salinité de l'eau.....	63
Le suivi de la turbidité.....	63
E. Conclusion.....	63
IX. Annexes.....	64
Annexe 1 : Bibliographie.....	64
Documents remis à l'Hydrogéologue.....	64
Autres documents consultés.....	64
Annexe 2 : Plan général des installations (source Antéagroup, 2014).....	66
Annexe 3 : Plan d'équipement du forage Ligne Paradis.....	67
Annexe 4 : Coupe lithologique et technique du Forage Ligne Paradis (source Antéagroup, 2014).....	68
Annexe 5 : Logs Conductivité réalisés par l'OLE en 2013 et 2014 (Artélia, 2025).....	69
Annexe 6 : Le Périmètre de Protection Rapprochée.....	70
Annexe 7 : Le Périmètre de Surveillance Renforcée.....	71

Introduction

Le Forage Ligne Paradis, profond de 260 m, a été réalisé par la société SADE entre juin et décembre 2009 dans le cadre du Programme Départemental de Recherche en Eau 2004-2005 (PDRE) du Conseil Général. Il a été raccordé au réseau hydro-agricole du Bras de la Plaine, exploité par la SAPHIR, afin de renforcer les ressources disponibles en période d'étiage et lors des événements de crues : lorsque la ressource en eau superficielle est insuffisante ou de mauvaise qualité. Son rôle est donc de limiter le déficit de ressources en situation de crise. L'enjeu étant la sécurisation quantitative et qualitative de l'alimentation en eau de cette micro-région, exposée à des épisodes de coupure d'eau.

Ainsi, par exemple, une autorisation exceptionnelle a été accordée pour son exploitation suite aux fortes pluies liées au passage du Cyclone BELAL et de la tempête tropicale CANDICE en janvier 2024 (Arrêté N°2024-198/SG/SCOPP), et a été renouvelée en raison d'une période d'étiage particulièrement sévère en décembre 2024 (Arrêté N°2024-2796/SG/SCOPP/BCPE).

Au delà de leur vocation agricole, les réseaux du périmètre irrigué du littoral Sud fournissent une part importante de l'**eau brute** utilisée par les communes de la micro-région sud de l'île pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP) des populations. Par conséquent, en application des articles L1321-1 et suivants du code de la Santé Publique, complétés par les articles L215-13 et L 210-1 et suivants du Code de l'Environnement et dans le cadre de la procédure de Déclaration d'Utilité Publique (DUP) **du Forage Ligne Paradis à Saint-Pierre**, l'avis de l'hydrogéologue agréé a été demandé afin de définir les périmètres de protection et les prescriptions réglementaires s'y appliquant. Les demandes d'autorisation de prélèvement sont faites pour **débit maximal de 150m³/h**.

Dans cette perspective, le Département de La Réunion a sollicité Antéagroup en 2017 afin d'élaborer un dossier préparatoire à l'intervention de l'hydrogéologue agréé (caractéristiques hydrogéologiques de la nappe captée), puis Mascareignes Géologie en Mars 2024 pour son actualisation. Après un avis provisoire et concertation avec l'ARS, une étude complémentaire a été demandée au département le 05 février 2025. Le résultat de cette étude a été remis à l'hydrogéologue le 22 mai 2025.

Les documents remis à l'hydrogéologue pour établir cet avis sont listés en annexe 1.

Une visite de terrain a été effectuée le jeudi 18 juillet 2024 en présence de Monsieur Jimmy GONTHIER – DÉPARTEMENT, Monsieur David PAYET – Conducteur d'Opération SAPHIR, Monsieur Eddy FABRE – Exploitation SAPHIR, Madame Cécile AGUILAR – ARS, Monsieur Franck OLLIVIER – ARTELIA.

Synthèse technique

I. Les ressources en eaux du périmètre irrigué Sud

I.1 Origine de l'eau produite par les réseaux du Département sur le périmètre irrigué Sud

Le périmètre irrigué Sud est composé de deux réseaux interconnectés, totalisant 427 Km de canalisations pour 8100 hectares de terres agricoles (figure 2). Ces aménagements captent des eaux de surface (65,2 Mm³ ou Millions de m³ en 2022) dans le Bras de la Plaine (66 % de l'eau produite) et le Bras de Cilaos (27 % de l'eau produite), ainsi que des eaux souterraines (4,95 Mm³ en 2022) qui représentaient à peine 10 % de l'eau produite en 2022, mais qui étaient à environ 13 % de l'eau produite en 2021 (figure 1).

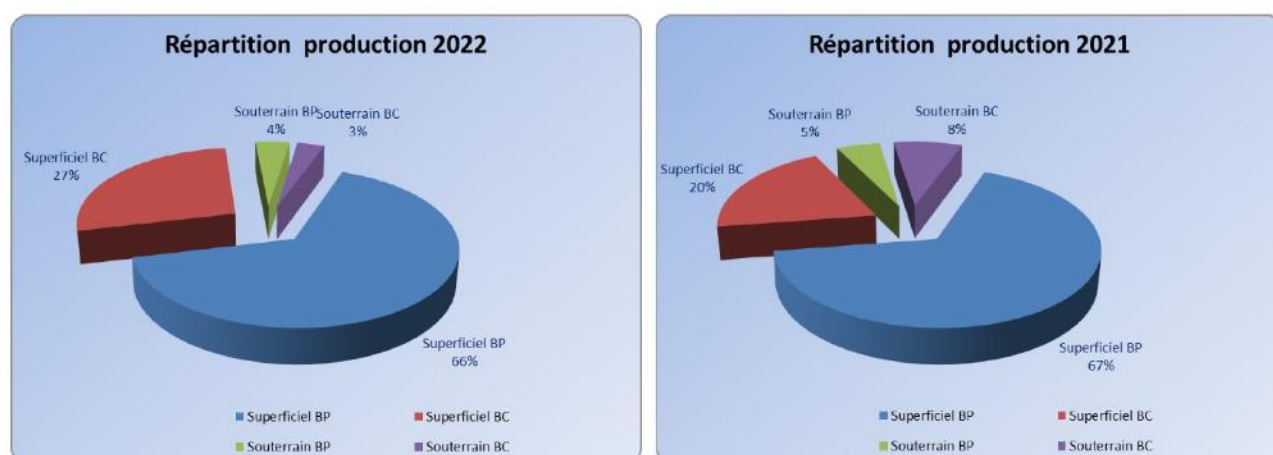


Figure 1 : Répartition de la production d'eau en 2021 et 2022 (source RAD 2022, SAPHIR)

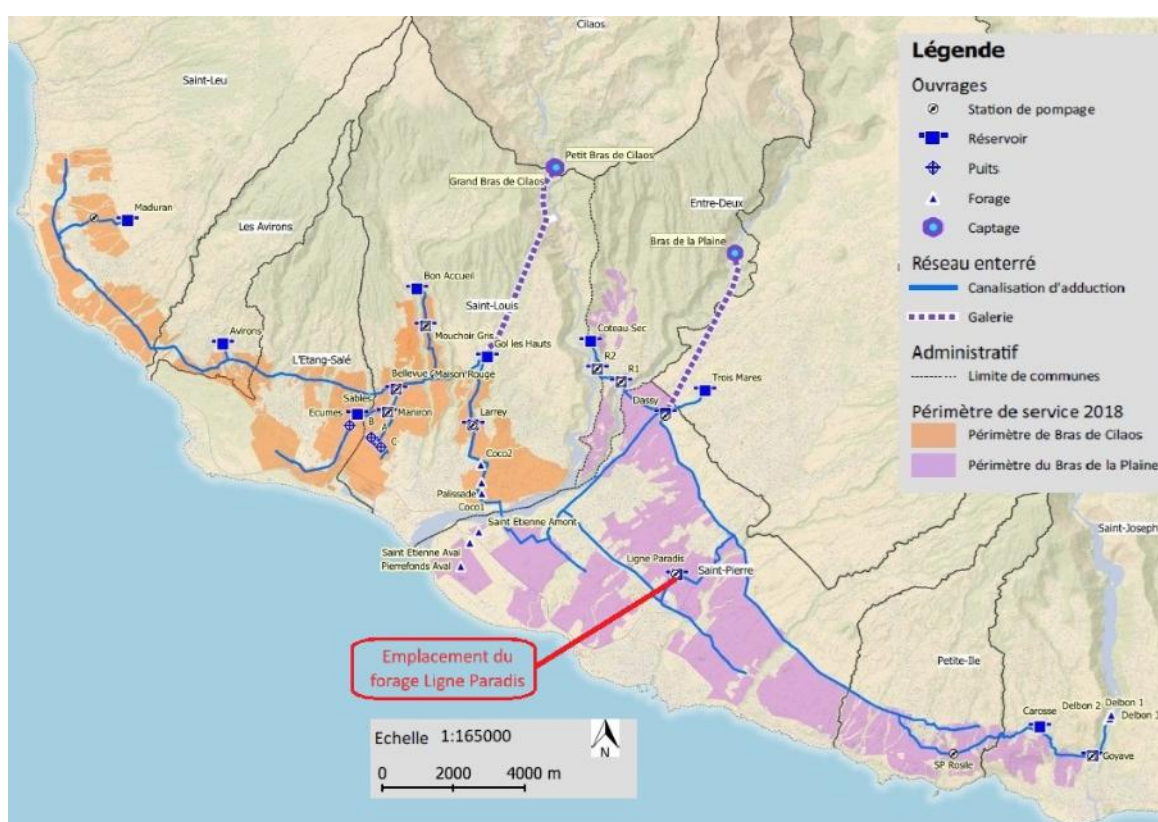


Figure 2 : Les ouvrages d'adduction du périmètre irrigué du littoral sud (source RAD 2022, SAPHIR)

Le réseau du Bras de Cilaos est alimenté par 2 prises d'eau superficielle (Petit Bras de Cilaos et Grand Bras de Cilaos, au lieu dit Pavillon), 4 puits et 4 forages et le réseau du Bras de la Plaine compte 1 prise d'eau superficielle et 6

forages (3 forages Delbon, le forage Pierrefond et 2 forages Saint-Étienne). Le forage Ligne Paradis constituera un 7^{em} forage d'appoint pour ce dernier.

I.2. Les volumes annuels produits

D'après le Rapport d'activité Annuel du Délégitaire (RAD de la SAPHIR), les deux réseaux de ce périmètre irrigué ont produit environ 72 Mm³ en 2022, soit quasiment 10,5 % de plus que l'année précédente. Avec 59,7 Mm³ réellement distribués, le rendement des réseaux était donc en 2022 de 83 %.

34 Mm³ ont été distribués aux 4600 abonnés des périmètres irrigués du Sud (vocation agricole).

25,6 Mm³ ont été **vendus comme eau brute aux fermiers communaux** des communes des micro-régions Sud-Ouest et Sud pour les usages industriels et l'alimentation en eau potable des populations. Ce qui représente 43 % de l'eau distribuée. Ainsi :

=> les communes de la micro-région Sud-Ouest (Saint-Louis, Étang-Salé, Avirons, Saint-Leu) ont utilisé 5,7 Mm³ d'eau brute en 2022 qui leur a été fournie par le réseau du Bras de Cilaos.

=> les communes de la micro-région sud ont reçu 16,1 Mm³ d'eau brute provenant du réseau du Bras de la Plaine en 2022 (c'est dans ce réseau que s'insère le Forage Ligne Paradis). Dans le détail, sur ce réseau, les volumes consommés par les communes concernées sont les suivants :

- Saint-Pierre avec 10,5 Mm³
- Saint-Joseph avec 2,3 Mm³
- Le Tampon avec 1,5 Mm³
- Petite-Île avec 1,2 Mm³
- et L'Entre-Deux avec 0,6 Mm³

Saint-Pierre est de très loin la commune la plus consommatrice d'eau brute avec 40 % du total distribué à l'ensemble des 9 communes des deux micro-régions.

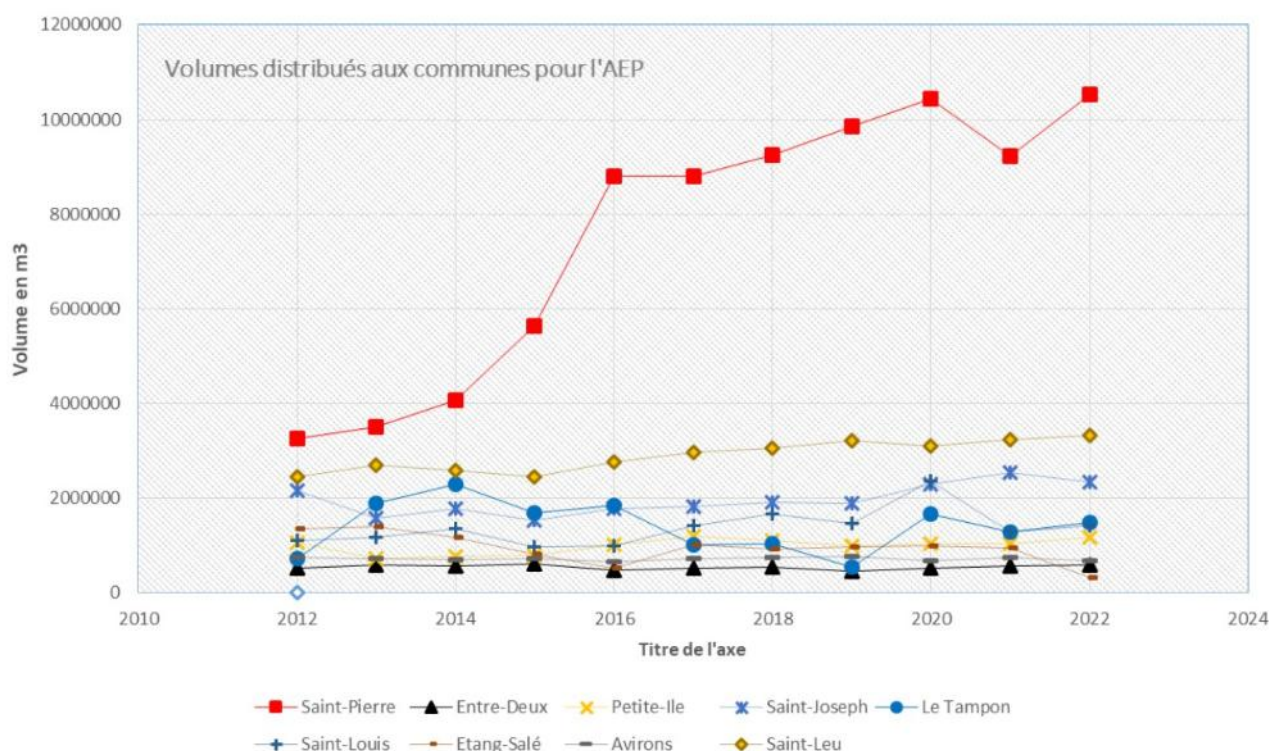


Figure 3 : Evolution des volumes d'eau brute fournis aux communes entre 2012 et 2022 (source Mascareignes Géologie, 2024, d'après données RAD Saphir, 2022)

On constate par ailleurs, en analysant l'évolution des volumes d'eau brute fournis aux communes entre 2012 et 2022, que les besoins en eau brute de la commune de Saint-Pierre ont connu une croissance importante en 10 ans. Ils passent de 3,3 Mm³ environ à plus de 10,5 Mm³. Soit une augmentation de 318 %.

Lorsque la production d'eau dépasse les besoins du périmètre irrigué Sud, l'eau est vendue à l'usine Hydraulique EDF du Bras de la Plaine (capacité de production de 2,2 MW) implantée sur les berges de la Rivière Saint-Étienne (sur le territoire de la commune de Saint-Pierre). Les volumes ainsi restitués au milieu naturel ne sont pas comptabilisés dans les valeurs indiquées précédemment.

I.3. La variation des volumes d'eau souterraine produits au cours du temps

Comme nous l'avons vu au paragraphe I.1., les ressources souterraines ne représentent qu'environ 1/10 de l'eau produite annuellement sur le périmètre irrigué Sud. Mais « **ces ressources souterraines ne sont généralement mobilisées que pour venir renforcer ou remplacer partiellement la ressource superficielle lorsque cette dernière présente un problème quantitatif (étiage) ou un problème qualitatif (dégradation de la qualité de l'eau lors de crues)** » (Mascareignes Géologie, 2024). Elle est donc essentielle.

I.3.a. Une variation saisonnière

Ainsi, la production d'eau à partir des ressources souterraine est logiquement plus forte pendant la période d'étiage, c'est à dire en novembre et décembre, puis pendant la saison des pluies de janvier à avril. Si on analyse la figure 4, on constate donc qu'il y a un pic de production d'eau d'origine souterraine qui s'étale sur une moitié de l'année : de novembre à avril.

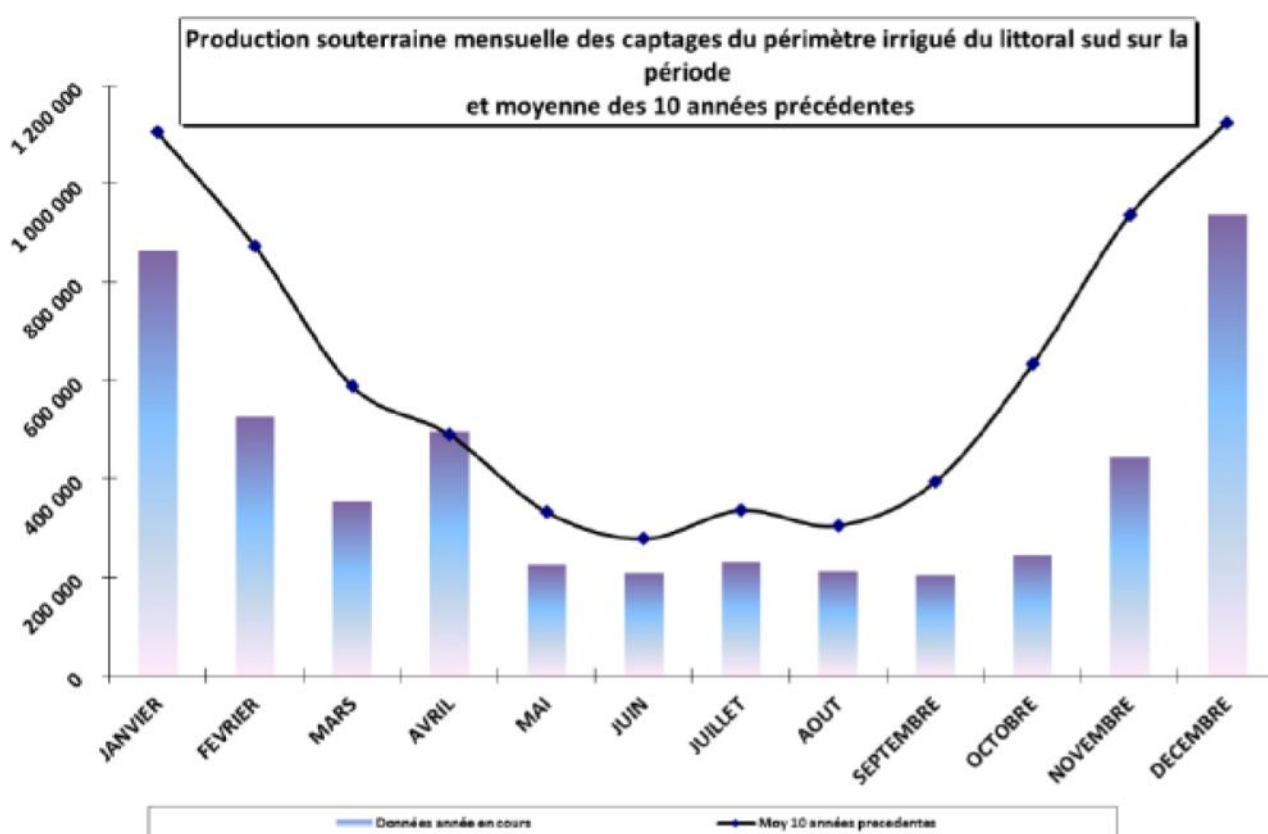


Figure 4 : Production mensuelle d'eau souterraine du périmètre irrigué Sud (source Mascareignes Géologie, 2024)

La production est maximale en décembre et janvier avec 1,1 Mm³ mensuels d'eau souterraine produite en moyenne (de 2012 à 2022) et elle est minimale au mois de juin avec environ 0,3 Mm³ d'eau produite en moyenne. La production d'eau souterraine est ainsi généralement basse de mai à septembre avec moins de 0,5 Mm³ produits

mensuellement entre 2012 et 2022.

1.3.b. Une variation inter-annuelle

La production d'eau souterraine varie également d'une année à l'autre (figure 5), passant par exemple de quasiment 15 Mm³ en 2012 (année exceptionnellement élevée) à moins de 5 Mm³ en 2015 ou en 2022 (3 fois moins qu'en 2012). Si l'on exclut cette année 2012 particulièrement élevée, la moyenne se situe aux alentours de 6,4 Mm³ sur la période allant de 2013 à 2022.

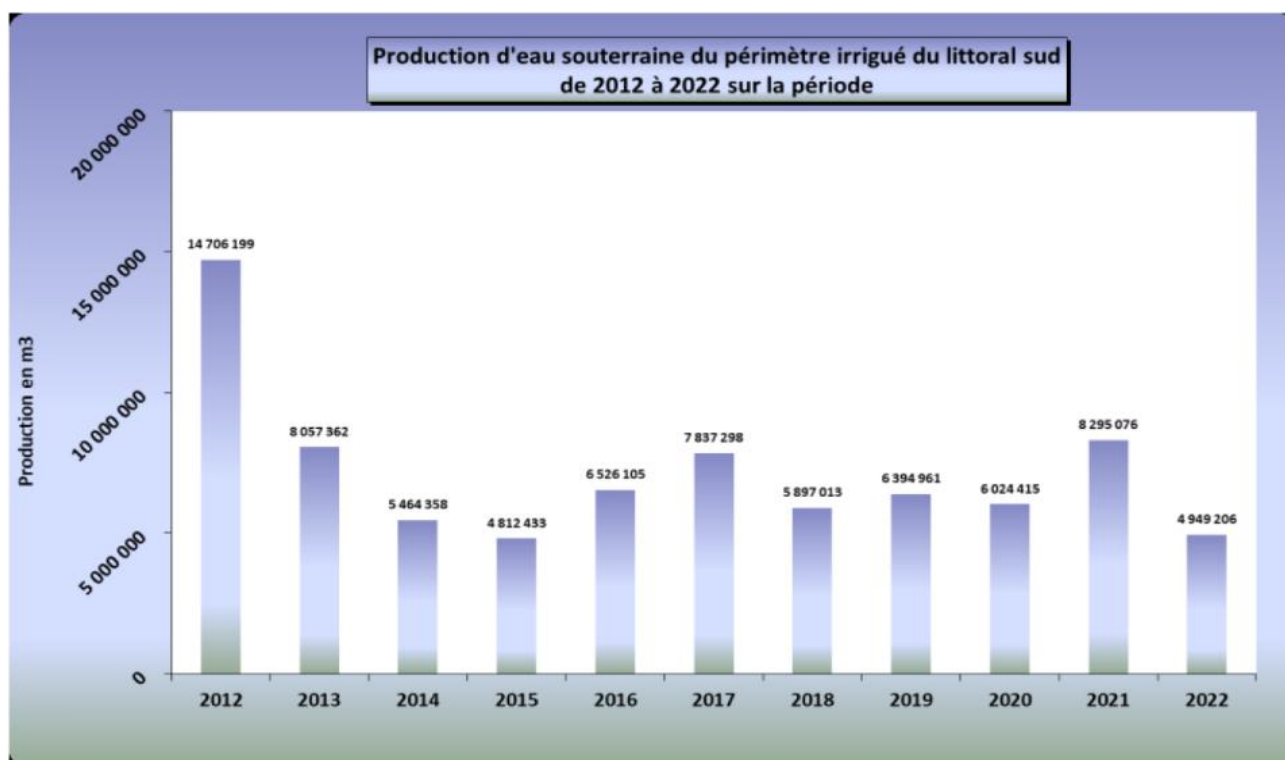


Figure 5 : Production annuelle d'eau souterraine du périmètre irrigué Sud (source Mascareigne Géologie, 2024)

1.4. Insertion du Forage Ligne Paradis dans le réseau du Bras de La Plaine

Le Forage Ligne Paradis, situé dans la commune de Saint-Pierre, en rive gauche de la Rivière Saint-Étienne, se trouve dans la zone 11 du périmètre irrigué du réseau du Bras de La Plaine (figure 2). Ce dernier, concerne environ 5600 ha de terres agricoles équipés par 242 Km de canalisations sur les communes de l'Entre-Deux, de Saint-Pierre, du Tampon, de Petite Île et de Saint-Joseph.

On observe, sur la figure 6, les installations permettant d'exploiter ce forage avec, sur la première image (à gauche), l'abri de forage au premier plan, puis au second plan le ballon anti béliet et le local technique. Sur la seconde image (à droite), on observe, à l'arrière du local technique, la conduite de refoulement en fonte (de diamètre 200) amenant l'eau depuis ce local vers le réservoir Ligne Paradis. Cette conduite est équipée d'un Té qui peut permettre une connexion directe du forage au réseau d'Alimentation en Eau Potable (AEP) de la commune de Saint-Pierre.

Actuellement utilisé comme ressource de secours, le forage produit, lorsqu'il est exploité, un débit maximum de 150m³/h pour une durée de 19h par jour au maximum. Les eaux du forage sont alors refoulées dans le réservoir Ligne Paradis dont la capacité est de 5000 m³ (figure 7). Ce réservoir de type bassin est situé à proximité du forage (à 35 m au Nord-Est du forage) et à la même altitude que ce dernier, soit vers 390 m. Le plan du raccordement du forage au bassin est présenté en annexe 2.

Le bassin Ligne Paradis est également alimenté par :

- les eaux superficielles du Bras de La Plaine, via le réservoir de Dassy ;

- les eaux souterraines des forages Pierrefonds et Rive Gauche de la rivière Saint-Étienne ;
- et les eaux du réseau du Bras de Cilaos (eaux superficielles et eaux souterraines), via l'interconnexion des 2 réseaux du périmètre irrigué Sud.

Ainsi, les eaux du forage sont mélangées aux eaux brutes du périmètre irrigué Sud.



Figure 6 : Installations du Forage Ligne paradis (source Mascareigne Géologie, 2024)



Figure 7 : Refoulement des eaux du forage vers le réservoir Ligne paradis (source Mascareigne Géologie, 2024)

I.5. Utilisation prévue du Forage Ligne Paradis

Comme nous l'avons vu, le forage Ligne Paradis permettra de renforcer la sécurisation de l'alimentation en eau du périmètre irrigué Sud. Cela, afin de répondre aux besoins en eau d'irrigation et en eau brute pour l'AEP de la micro-région Sud (dont les fermiers ont la charge de la potabilisation de l'eau).

Avec une production de 150 m³/h au maximum pendant 19h par jour, ce forage ne compense que partiellement le déficit en eau qui peut être lié à :

- une raréfaction de la ressource superficielle en période d'étiage associée à un besoin accru en eau des cultures,
- une dégradation trop importante de la qualité de la ressource superficielle en période de fortes pluies,
- une casse importante du matériel à la suite des intempéries.

Dans de telles situations, l'AEP est priorisée, au détriment de l'irrigation. Ainsi l'utilisation du forage constitue une ressource d'appoint précieuse qui limite le déficit en eau potable en période de crise. C'est d'ailleurs précisément pour cette raison qu'une autorisation exceptionnelle d'exploitation a été accordée pour 6 mois au Département suite aux intempéries de janvier 2024 (Arrêté N°2024-198/SG/SCOPP) et renouvelée en décembre 2024 (Arrêté N°2024-2796/SG/SCOPP/BCPE).

I.6. Impact probable de l'évolution du climat

Ces situations de crise ne devraient pas s’amoindrir dans le futur, au contraire, Météo-France (Rapport BRIO, 2023) prévoit :

- une « probable **augmentation sensible de la durée et de la sévérité des sécheresses à La Réunion au cours du 21e siècle** » ;
- **une augmentation de l'impact des phénomènes cycloniques**, puisque les simulations climatiques sur le bassin sud-ouest de l'océan indien laissent présager « une augmentation des précipitations associées à un système tropical ; un renforcement de l'intensité des systèmes les plus intenses ; une augmentation de la proportion des cyclones les plus forts relativement à la totalité des systèmes dépressionnaires ; la possibilité que les cyclones les plus intenses puissent évoluer à des latitudes plus australes, exposant ainsi les Mascareignes à un risque accru ».

I.7. Synthèse

Le périmètre irrigué Sud fourni une grande quantité d'eau brute (plus de 25 Mm³ en 2022) pour l'AEP de la micro-région sud, où les besoins en eau potable de la commune de Saint-Pierre ont considérablement augmenté ces dernières années (+ 318% en 10 ans).

Or, ce périmètre irrigué est confronté des variations quantitatives et qualitatives, ponctuelles ou saisonnières, de la ressource superficielle (eaux superficielles qui représente environ 90% du total des eaux produites). A cela s'ajoute une augmentation probable du risque climatique pour les décennies à venir.

Dans un tel contexte, **le forage Ligne Paradis est une ressource qui doit contribuer à la nécessaire sécurisation de l'alimentation en eau potable de la micro région sud et peut à ce titre être considérée comme importante.**

II. Description de l'ouvrage : « Forage Ligne Paradis »

II.1 Situation géographique



Figure 6 : Localisation du Forage Ligne Paradis – commune de Saint-Pierre. (source Géoportail)

Le forage Ligne Paradis¹ se trouve dans la partie Nord-Ouest de la commune de Saint-Pierre, dans une zone agricole essentiellement couverte de cannes à sucre, entre la ligne paradis et la ligne bambou. Il est implanté à 115 m le long du côté est du chemin Salette (empierré) et à 600 m à l'ouest de la Route Nationale 3 (figure 6).

Indice BSS	Ouvrage	système RGR 92 UTM 40S			Réf cadastrale
BSS002PKCG	Forage Ligne Paradis	X : 343107.22 m	Y : 7 642 555.64 m	Z : 194,97 m (ANTEA 2009) Z : 193,45 m (STEREAU 2023)	000 EH 1283

Tableau 1 : Références de l'ouvrage et coordonnées RGR92 – UTM40 – rapport din de travaux ANTEA – avril 2009

Il est situé sur une parcelle cadastrale (000 EH 1283) d'une superficie de 5022 m². Celle-ci et des parcelles voisines

1 connu sous le code office de l'eau Réunion 38216, le code ADES 12288X0216/F, l'indice BSS002PKCG

plus petites constituent un ensemble clôturé de 7750 m², accessible par le chemin Salette, qui accueille également la station de pompage et le réservoir Ligne Paradis d'une capacité de 5000 m³ (figure 7).



Figure 7 : Parcelle où est situé le forage, le réservoir et la station de pompage Ligne Paradis. (données géoportail)

L'altitude de la tête de forage a été modifiée lors des travaux de raccordement qui ont été réalisés en 2023. Le massif en béton est à présent 1,52m plus bas que le précédent (figure 8).

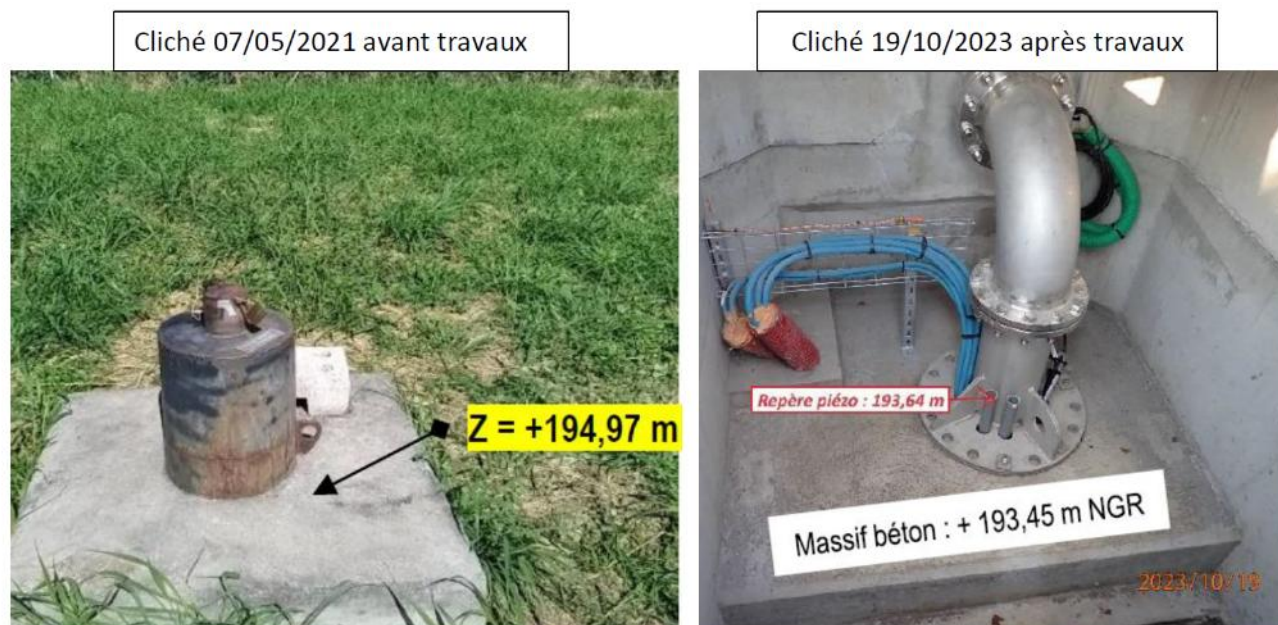


Figure 8 : Tête du forage Ligne Paradis avant et après travaux (source Mascareigne Géologie, 2024)

II.2. Caractéristiques techniques

II.2.a Historique

Cet ouvrage, référencé sous le numéro national BSS002PKCG (ancien code 1228-8X-0216/F) a été foré par la société SADE en 2009 avec une profondeur de 257m. Il a été inspecté par EECOI en 2021, puis nettoyé par IDEES EAUX et équipé pour exploitation en 2023.

II.2.b Équipement de l'ouvrage en 2021

L'équipement initial du forage est présenté sur la coupe technique établie par EECOI en juin 2021 (figure 9).

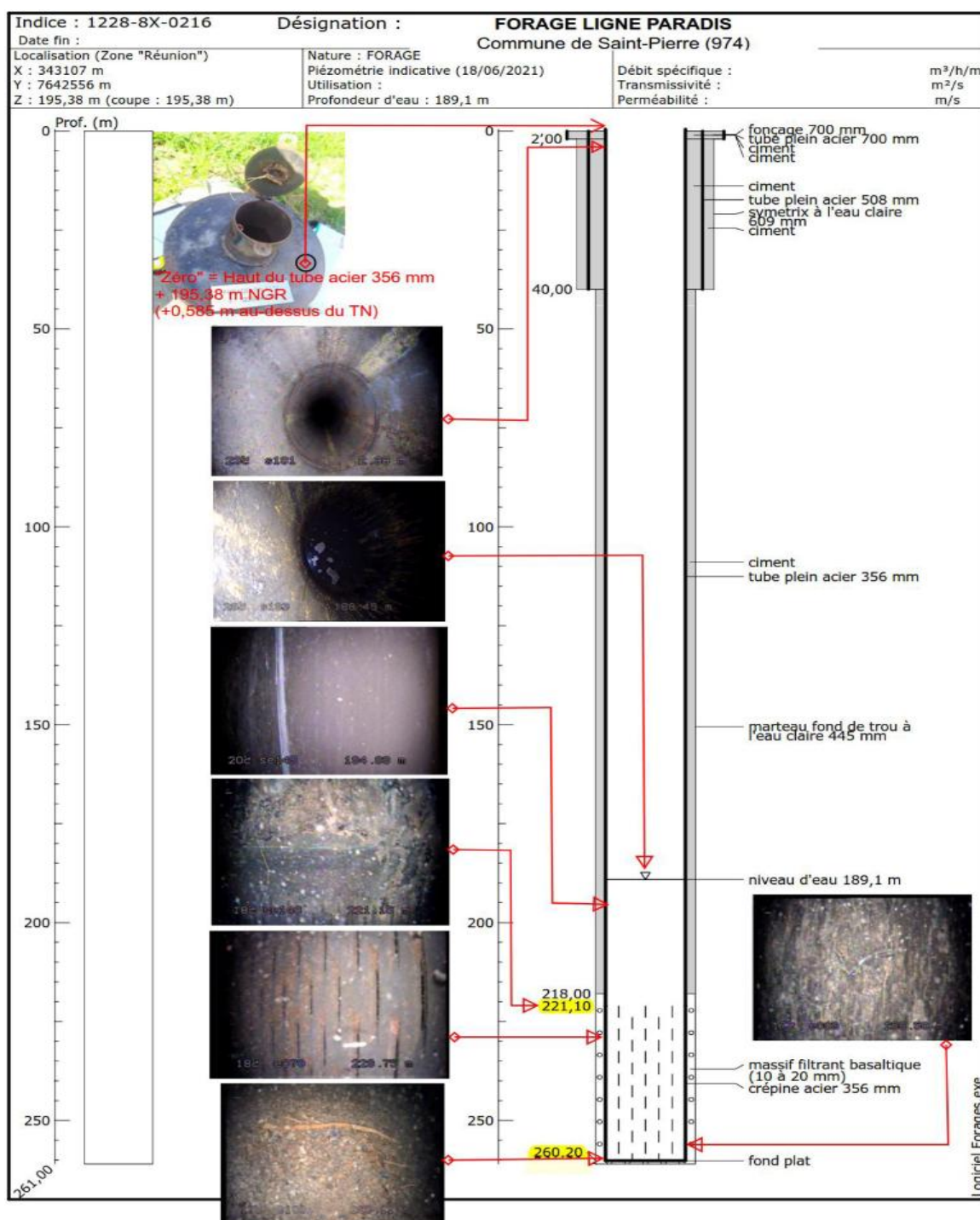


Figure 9 : Coupe technique observée lors de l'inspection du 18/06/2021 (source Mascareignes Géologie, 2024 d'après EECOI)

L'ouvrage a été réalisé en 2009 par la méthode « marteau fond de trou » avec les diamètres suivants (Mascareignes Géologie, 2024) : 1000 mm (38''3/8) de 0 à 2 m ; 632 mm (24''7/8) de 2 à 38 m ; 444 mm (17''1/2) de 38 à 257 m.

D'après Mascareignes Géologie, avant les travaux d'équipement et de raccordement réalisés en 2023 :

- « la tête du forage était constituée : (1) d'une margelle en béton de 1 m de large et dépassant du sol de 0,2 m ; (2) d'un tube en acier de 356 mm de diamètre hors-sol dépassant de 40,5 cm et d'un capot cylindrique métallique de 115 mm de diamètre de 10,5 cm de hauteur »,
- ainsi, le « haut du tube acier du forage, pris comme repère pour l'établissement de la coupe technique, est

surélevée de 0,6 m par rapport au terrain naturel »,

- par ailleurs, « le fond du forage est à 260,2 m de profondeur par rapport au sommet du tube acier de la tête hors-sol, soit à 259,6 m/TN et non à 257 m/TN comme indiqué sur les coupes de fin de travaux (rapports SADE et ANTEA 2009) »,

- « deux tubes de soutènement ont été mis en place pendant la foration, scellés au ciment : (1) Un premier tube plein en acier de Ø27"½ (696 mm) de 0 à 2 m /TN ; (2) Un tube plein acier en Ø20" (508 mm) de 0 à 38 m/TN ».

Comme l'indique Mascareignes Géologie, on peut également constater que « l'inspection caméra de juin 2021 a fourni la coupe suivante :

- Un tube plein acier de Ø14" (344-356 mm) de 0 à 221,1 m ;
- Une crépine acier à nervures repoussées de même diamètre Ø14" (344-356 mm) de 221,1 m à 260,2 m. La crépine est soudée au tube acier. La longueur de la crépine est de 39 ml ».

Enfin, « l'espace annulaire de la colonne Ø 356 mm est composé :

- D'un filtre de gravier Ø 10 -20 mm de 216 à 261 m ;
- D'un bouchon argileux de 1 m de hauteur entre 215 et 216 m ;
- De ciment de 0 à 215 m ».

II.2.c. Nettoyage de l'ouvrage en 2023

D'après Mascareignes Géologie, l'inspection de l'ouvrage réalisée en 2021 par EECOI (dans le forage jusqu'alors inutilisé) n'a montré aucun désordre apparent majeur et aucun défaut d'étanchéité de l'ouvrage, si ce n'est quelques « traces de frottement et des rayures superficielles observées sur les parois de l'ouvrage » (entre 194 m et 196 m et 200 et 202 m) et la présence de corps étrangers retrouvés sur les parois ou au fond du forage (colliers de serrage en PE et écailles de peinture). En revanche, cette inspection a permis d'observer « une activité bactérienne importante dans la colonne d'eau du forage », avec :

- des « nuages bactériens » blanchâtres dans la colonne d'eau,
- « un film ou de flocs bactériens relativement bien développés » mais « peu indurés » sur les parois du tubage (chambre de pompage ou tube crépiné), à l'exception de la zone entre 224 m et 230 m (zone productive du forage),
- la présence de filaments au niveau des amas bactériens important dans le tube crépiné (origine bactérienne, radicales ou débris de fil de sonde ?) ».

Cette activité bactérienne dégradait la qualité de l'eau et perturbait la circulation de l'eau à l'intérieur du forage. Par conséquent, un brossage de l'ensemble de la colonne et un nettoyage air-lift (soufflage) ont été réalisés par l'entreprise IDEES EAUX en janvier 2023. Au départ, l'eau est ressortie très chargée avec des valeurs en turbidité allant jusqu'à 800 NTU, mais en fin de nettoyage, la turbidité était de 1,2 NTU.

Enfin, une inspection post-nettoyage par caméra a ensuite été réalisée par la société EECOI fin janvier 2023 et a montré que « la majorité des encroûtements bactériens présents à l'état initial a été éliminés », mais qu'il « subsiste toutefois encore quelques zones avec un film bactérien persistant ». Ainsi, « les fentes des crépines sont donc majoritairement dégagées et une circulation naturelle a été rétablie dans le forage ».

II.2.d Équipement de l'ouvrage en 2023

Des travaux ont été réalisés en 2023 (annexe 4) afin d'équiper l'ouvrage en vu de son exploitation.



Figure 10 : regard semi enterré contenant la tête de l'ouvrage

1 : échelle d'accès ; 2 : grille d'évacuation des eaux ; 3 : tête du forage ; 4 : deux piézomètres destinés aux mesures

La tête du forage est protégée par un regard semi-enterré en béton, recouvert par une plaque en tôle aluminium, munie d'une trappe de visite cadénassée (figure 10, image de gauche). Cet ouvrage est surélevé de 35 cm par rapport au terrain naturel, ce qui le protège vis à vis des eaux de ruissellement. A l'intérieur une échelle permet d'accéder à la tête de l'ouvrage à présent 1,52m plus bas que le massif initial (voir figure 8) et une grille avaloir permet d'évacuer d'éventuelles infiltrations ou fuites d'eau. Il est également équipé d'une pompe d'une capacité de 150m³/h et de sondes conductives et piézométriques.



Figure 11 : Installation du matériel de mesure dans le local technique

Le local technique (figure 6), propre, moderne et bien aménagé, héberge les dispositifs de mesure en continu du débit (volume pompé), de la conductivité, du PH, de la Température, de la piézométrie et de la turbidité (figure 11), directement installés sur la conduite de refoulement inox dans le local technique du forage (et non dans la colonne d'exhaure du forage). Ces mesures sont réalisées en continu, enregistrées et télétransmises.

« Les eaux superficielles provenant des pluies, des fuites du réseau, du nettoyage des installations sont récupérées dans des grilles avaloir placées au fond du regard en tête de forage, sous le ballon anti-bélier, dans le local technique. Ces eaux sont ensuite évacuées via une conduite enterrée PVC Ø 200 mm, vers le réseau de drainage

des installations SAPHIR près du chemin Ligne paradis ».

Des dispositifs anti-intrusion sont placés au niveau de la trappe d'accès au regard de la tête du forage et au niveau de l'entrée de la porte d'entrée du local technique. Ils coupent la pompe et alertent le dispositif de télésurveillance de la SAPHIR en temps réel. Le forage est également protégé par la clôture de 2 m de hauteur entourant le réservoir et le site de pompage de la Ligne Paradis (figure 12). On peut franchir cette clôture par 2 portails cadénassés.



Figure 12 : Site accueillant le forage, le réservoir et la station de pompage de la Ligne Paradis

II.2.e Nappe exploitée par l'ouvrage

Le système aquifère concerné par le forage Ligne Paradis est complexe, puisque au cours de sa foration deux nappes ont été observées.

Une première nappe « captive » (ou semi-captive), peu productive, a été identifiée à 191m de profondeur par rapport au Terrain Naturel (191 m / TN), soit une altitude de + 3,97 m (3,97 m NGR. Elle se trouvait sous la base d'une formation constituée d'alluvions fines et de coulées boueuses. Le niveau statique de cette nappe a été mesuré à 160,6m de profondeur², soit une altitude de 34,37m. Les niveaux statiques ont ensuite varié, passant à 160,60 m / T.N le 11/08/09, puis 156,90 m / T.N le 12/08/09. Cette première nappe captive rencontrée dans les formations alluvionnaires a été isolée par la mise en place d'un tubage plein cimenté à l'extrados jusqu'à 220 m de profondeur

Une seconde nappe captive a été rencontrée à 217,5 m de profondeur (217 m/TN), soit une altitude de -22,53 m (22,53 m sous le niveau de la mer). Elle se trouvait sous un paléosol rubéfié. Le niveau statique de cette nappe a été mesuré entre 186,37 m et 186,90 m du 21 août au 23 novembre 2009. Il s'est stabilisé à 186,70m de profondeur soit +8,67 m d'altitude (8,67 m NGR). C'est cette seconde nappe captive qui est exploitée par le forage.

II.2.f Piézométries mesurées dans l'ouvrage

Mascareignes Géologie a rassemblé les données piézométriques disponibles dans le tableau ci-après.

Ainsi, « les derniers niveaux mesurés varient entre + 6 et + 9 m NGR. Le niveau le plus bas a été mesuré en juin 2021 et le plus haut en janvier 2023 ».

		Interventions	Mesures piézométriques	
			Profond en m	Altitude NGR
novembre 2009	ANTEA	Mesures ponctuelles	186,70 /TN	+ 8,67
août 2013 – septembre 2016	OLE	Continu		+ 6,2 à + 7,1
07/05/2021	EEOI	Visite avant travaux	189,1 m /Rep Orig.	+ 6,38
Juin 2021	EEOI	Inspection caméra	189,34 m /Rep Orig.	+ 6,14
27/01/2023	EEOI	Inspection caméra	186,31 m /Rep nouv.	+ 9,07
19/10/2023	EEOI	Essai pompage	185,26 m /Rep nouv.	+ 8,38
08/11/2023	EEOI	Pompage	185,33 m /Rep nouv.	+ 8,31
15/11/2023	EEOI	Pompage	185,36 m /Rep nouv.	+ 8,28

Figure 12 : Niveaux piézométriques mesurés dans le forage Ligne Paradis (Mascareignes Géologie, 2024)

2 C'est un niveau statique plus élevé que l'altitude ou a été rencontré la nappe qui indique que cette dernière est captive

II.2.g Exploitation de l'ouvrage

Cet ouvrage a pour le moment été très peu utilisé. D'après Artélia (2025), entre mai 2024 et décembre 2024, les pompes ont fonctionné à 5 reprises, sur des durées inférieures à 10 mn. L'ouvrage a ensuite été exploité du 31 décembre 2024 jusqu'au 23 mars 2025, à un débit de 41,4 l/s soit 149,2 m³/h.

Niveau et débits Forage Paradis

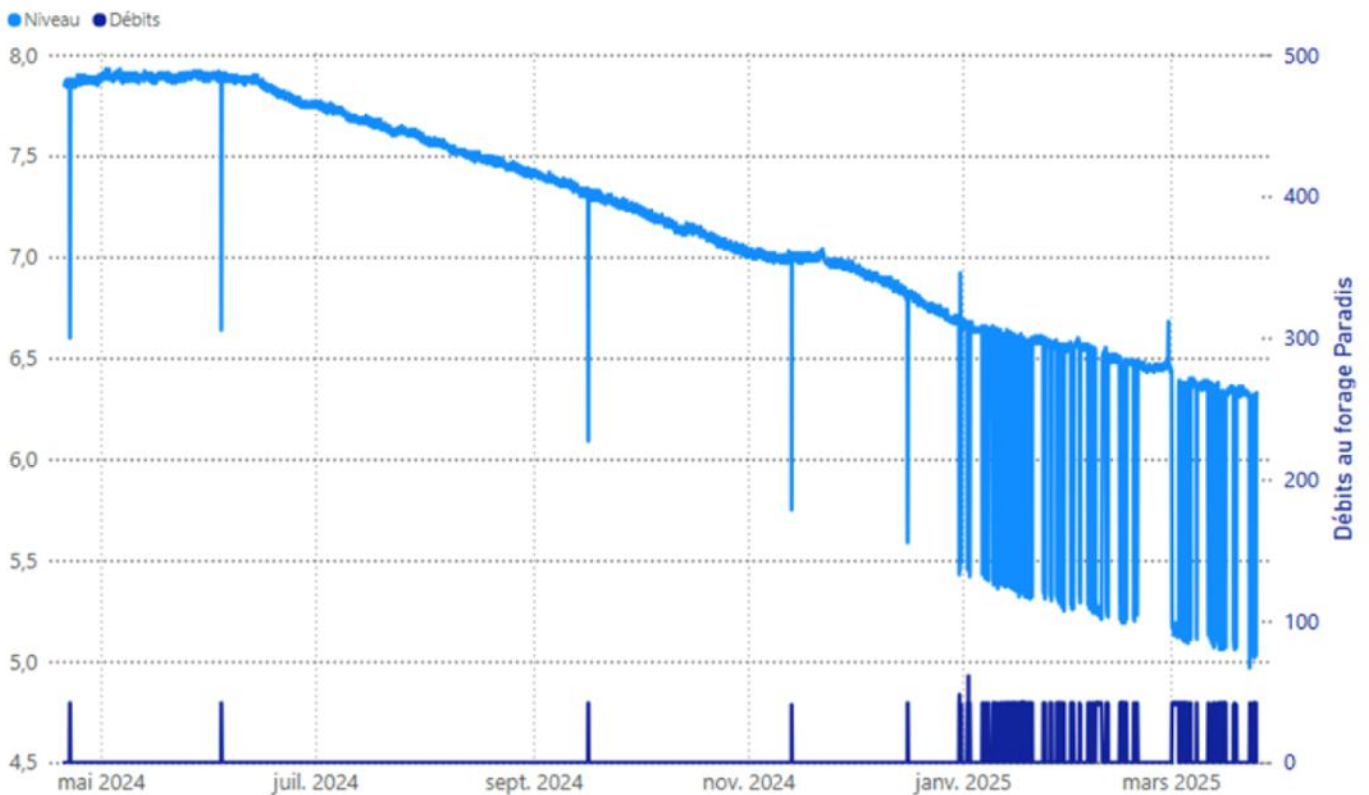


Figure 12 bis : Débits pompés et rabattements observés sur le forage Ligne Paradis de 06/24 à 03/25 (Artélia 2025)

D'après Artélia (2025), les variations observées pendant cette période sont celles dues :

- Au tarissement naturel de la nappe ; le niveau est passé de +7,80 NGR de la mi-juin 2024 à + 6,7 NGR à la fin décembre 2024, soit une baisse de 1,1 m en 6,5 mois,
- Au rabattement provoqué par chaque cycle de pompage qui est de 1,25 m à 149,2 m³/h. Le bureau d'étude rappelle d'ailleurs que lors des tests de pompage en 2023, le rabattement était de 1,48 m pour un pompage de 153 m³/h.

III. Contexte géologique, hydrologique et hydrogéologique

Le forage est situé sur la planèze « Saint-Pierre /Tampon », à une altitude de 194m, dans la zone de transition entre le massif du Piton des Neiges au Nord-Ouest et le massif du Piton de La Fournaise au Sud-Est. Il est implanté dans un empilement de coulées de laves recouvert d'un sol.

III.1. Données géologiques régionales

D'après la carte géologique de La Réunion, l'ouvrage traverse un empilement de coulées basaltiques du Piton de La Fournaise : d'abord la série de la Plaine des Cafres ($\beta 7$), âgée de 65 000 à 5 000 ans, puis la série du bouclier ancien ($\beta 4$) âgée de 150 000 à 450 000 ans (figure 13 ci-dessous).

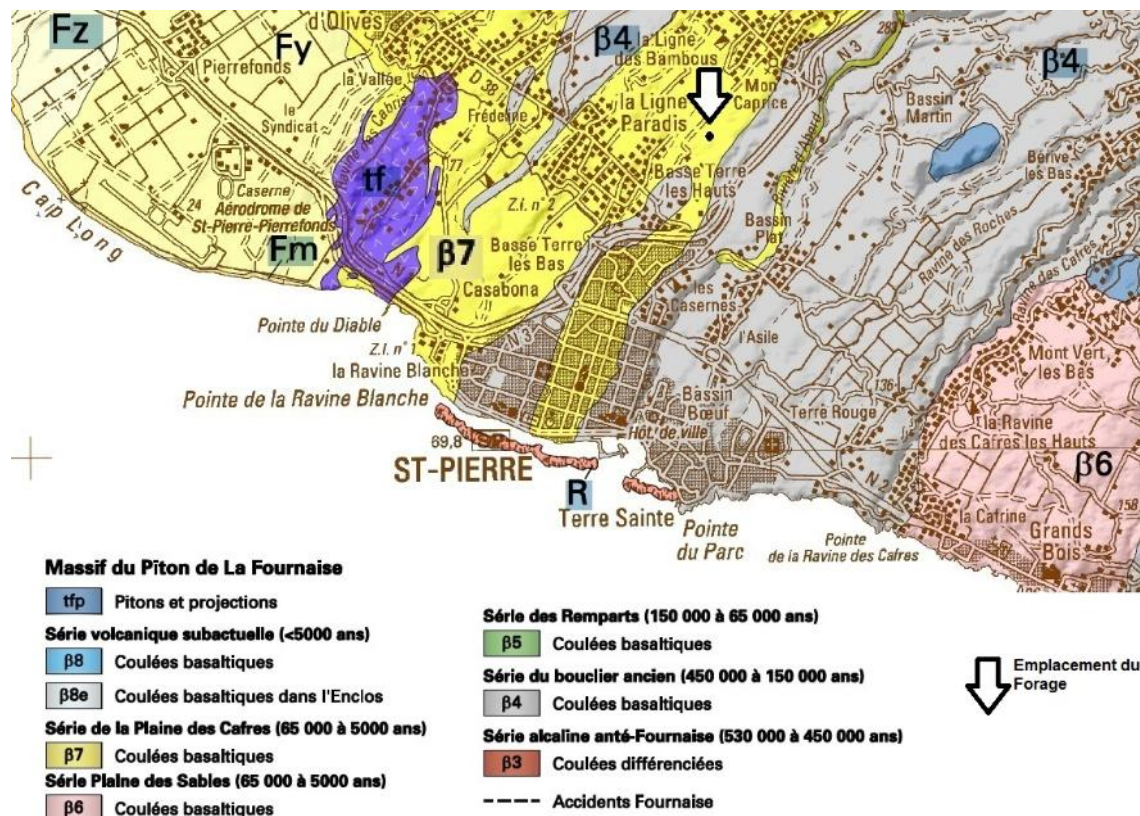


Figure 13 : Situation du Forage Ligne Paradis sur la carte géologique de la Réunion (Bachelery et. al. 2006)

Par conséquent, la coupe géologique des terrains, dressée par Antéagroup (voir annexe 4) et le tableau suivant (figure 14) permettent de constater que l'ouvrage traverse effectivement, après une formation superficielle, une **alternance de coulées de basaltes, de scories et de niveaux cendreux** (correspondants aux Séries de la Plaine des Cafres ou β7 et du bouclier ancien ou β4 sur la figure 13).

Cependant, au sein de ces formations, s'intercalent **deux épais niveaux alluvionnaires probablement peu perméables** (figure 14) :

- le premier est un « passage boueux » épais de 14 m, probablement peu perméable, qui a été rencontré entre 46 et 60 m de profondeur ;
- le second, épais de 69 m, est un « cône alluvionnaire ancien » et profond (« alluvions fines, coulées boueuses et paléosol »), situé entre 150 et 218 m/TN, qui a également été traversé par d'autres ouvrages du secteur (Frédeline I et II, ainsi que le piézomètre Ravine Blanche), où son épaisseur est également pluri-décamétrique (entre 80 et 64 m d'épaisseur).

C'est dans cet important « cône alluvionnaire ancien » que se trouve la première nappe « captive » (non exploitée), mais peu productive qui a été rencontrée par le forage (voir le paragraphe II.2.e ci-dessus). Puisque cette première nappe est captive (ou semi-captive), on peut en déduire qu'elle se trouve sous un niveau très peu perméable au sein du « cône alluvionnaire ancien ». La seconde nappe (exploitée par l'ouvrage), également captive, mais productive, se développe dans les basaltes constituant le « soubassement ancien et profond de la planète ». Puisqu'elle est aussi, captive, elle se trouve sous un niveau très peu perméable, probablement le paléosol rubéfié identifié à la base du « cône alluvionnaire ancien ».

Profondeur en m	Epaisseur en m	Formations géologiques rencontrées
0 à 3	3	Formations superficielles
3 à 46	43	Alternance de basalte et passages scoriacés et niveaux cendreux
46 à 60	14	Passage boueux
60 à 150	90	Alternance de basalte et passages scoriacés avec un passage cendreux à 115/120 m
150 à 219	69	Alluvions fines, coulées boueuses avec un niveau rouge (paléosol ?) à 219 m
219 à 231	12	Alternance de basaltes vacuolaires à rares olivines et passages scoriacés
231 à 254	23	Basaltes massifs à olivines, pyroxènes, feldspaths ou aphyriques

Figure 14 : Formations géologiques recoupées par le Forage Ligne Paradis (Mascareignes Géologie, 2024)

III.2 Le réseau hydrographique proche



Figure 15 : Réseau hydrographique à proximité du secteur d'implantation du forage, carte IGN 1950 (Données Géoportail)

Sur les cartes topographiques ci-dessus et ci-dessous, on constate que le forage Ligne Paradis se situe entre deux ravines importantes et bien visibles dans le paysage : La Ravine Blanche située à 1,2km à l'Ouest (n°1 sur les figure 15 et 16) et La Rivière d'Abord à 1,2 km à l'Est (n°4 sur les figure 15 et 16).

Entre ces deux ravines se trouvent deux petites ravines, aujourd'hui plus ou moins masquées par l'urbanisation et/ou les aménagements agricoles (figure 16), mais facilement visibles sur une carte topographique de 1950 (figure 15). Il s'agit de La Ravine Concession à moins de 350 m à l'ouest (n°2 sur la figure 15, mais visible uniquement au Nord de la figure 16) et La Ravine de la Chaîne à moins de 450 m à l'Est (n°3 sur la figure 15, dont les reliefs sont visibles sur la figure 16). **Les eaux de ruissellement sont donc probablement drainées (au moins partiellement), par ces petites ravines, dans les environs proches de l'ouvrage.**

Notons toutefois que la parcelle accueillant le forage a été aplanie lors du terrassement réalisé pour la construction du réservoir Ligne Paradis. Elle a alors subi un décaissement de 2 m environ au niveau de sa limite Nord.

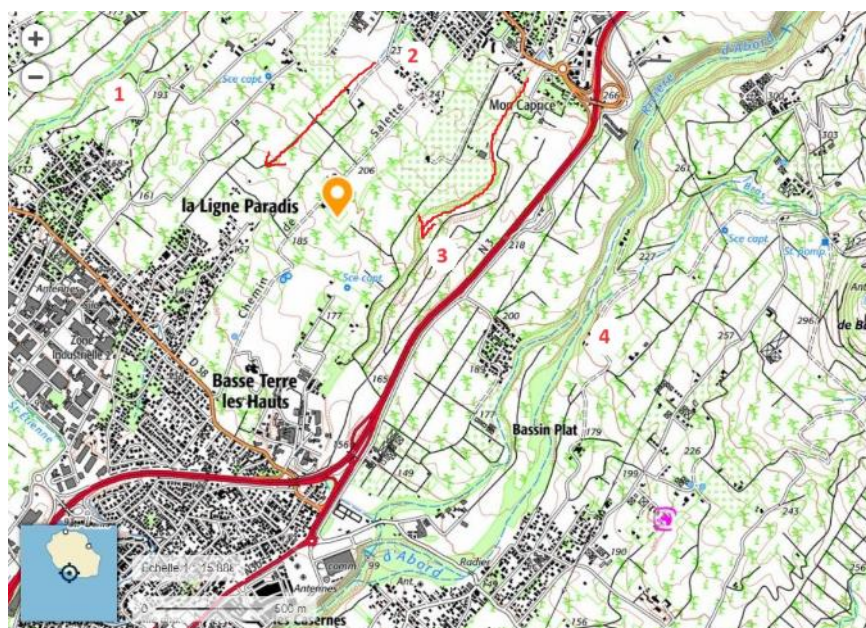


Figure 16 : Réseau hydrographique à proximité du secteur d'implantation du forage, carte IGN actuelle (Données Géoportail)

III.3 L'aquifère sollicité par le forage

III.3.a Ouvrages implantés dans les environs proches...

Le forage Ligne Paradis est le plus haut altimétriquement (+ 194,97 NGR) et le plus profond (257 m) de tous les forages existants sur la commune de Saint-Pierre. (figure 17)

Dénomination ouvrage	N° BSS	Alt	Distance	Exploitant	Prof
	Ancien	NGR	km		m
Forage Ligne Paradis	1228-8X-00216	194,97	0	SAPHIR	257
Forage La Salette F5	1228-8X-0045	80,6	1,9	St-Pierre	119
Forage La Salette F5 Bis	1228-8X-0049	79,9	1,9	St-Pierre	119
Forage La Salette F5 Ter- Bank	1228-8X-0050	77,5	2,0	St-Pierre	120
Forage Frédeline I	1228-8X-0088	115,6	1,95	St-Pierre	190
Forage Frédeline II	1228-8X-0210	87,1	2,4	St-Pierre	180
Forage Rivière d'Abord	1228-8X-0083	113,9	2,0	St-Pierre	116
Forage La Vallée	1228-8X-0066	70,2	4,0	St-Pierre	100
Forage Pierrefonds 1	1228-8X-0207	67,6	5,2	St-Pierre	150
Forage Dupuis II	1228-8X-0081	62	5,4	SAPHIR	190

Figure 17 : Forages AEP du forage Ligne Paradis sur la commune de Saint-Pierre (Mascareignes géologie,2024)

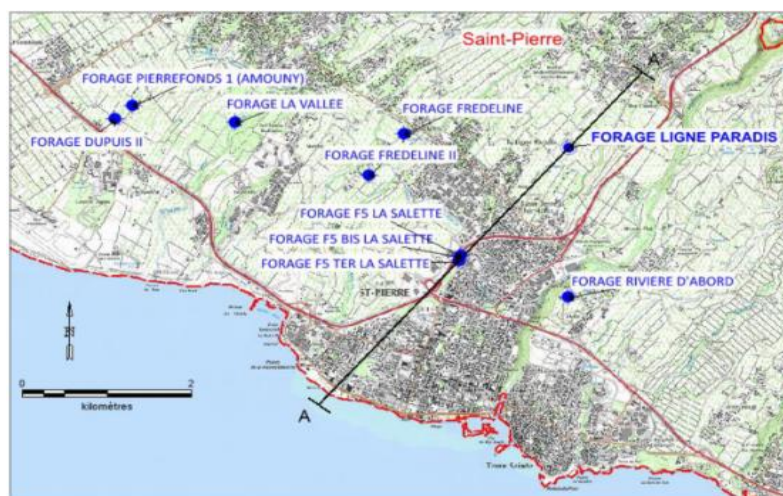


Figure 18 : Forages AEP de la commune de Saint-Pierre (Mascareignes géologie,2024)

Comme le monte Mascareignes Géologie, les forages AEP du secteur, sont tous situés à plus de 1,9 km du Forage Ligne Paradis (figures 17 et 18). Les ouvrages les plus proches sont les Forages « La Salette » et « Frédeline ».

III.3.b Carte piézométrique disponible dans le secteur

L'utilisation des piézométries mesurées dans le Forage Ligne Paradis et dans les forages voisins a permis à Antéagroup d'établir une carte modélisant la piézométrie sur le secteur considéré (figure 19). Sur ce document, à utiliser avec précaution, les lignes reliant les points de même niveau piézométrique sont des isopièzes. Elles ont été extrapolées à partir de quelques mesures piézométriques sur un faible nombre de forage et dans un système que nous savons complexe puisque qu'il n'est pas composé d'une seule nappe. On peut toutefois remarquer, sur la carte piézométrique (figure 19), que les isopièzes ne sont pas parallèles à la côte et aux courbes de niveau et semblent indiquer une recharge de la nappe par la Rivière Saint-Etienne au Nord-Ouest et par la planèze du Piton de La Fournaise au Nord-Est et à l'Est.



Figure 19 : carte modélisant la piézométrie proposée par Antéagroup en 2014 et annotations

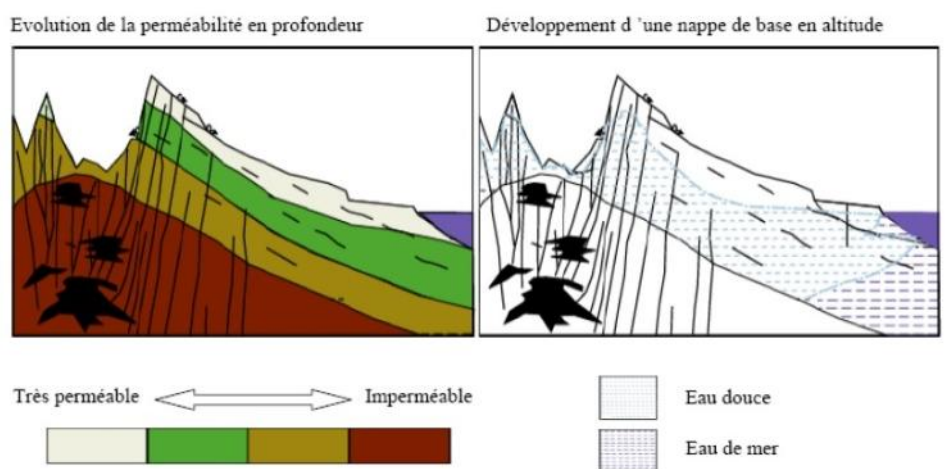


Figure 20 : Schéma conceptuel hydrogéologique (source BRGM 2013 d'après Join et. al. 1998)

On constate, par ailleurs, que la piézométrie de la nappe mesurée dans le Forage Ligne Paradis semble permettre de l'intégrer dans un ensemble plus vaste correspondant à une « nappe de base » (figure 20) telle que proposée par Join

et Folio (Join, 19911 et Folio, 20012). Comme cela est illustré sur la figure 20, l’eau douce de la nappe de base circule dans les formations les plus perméables. Les formations profondes hydrothermélisées du cœur de l’île, devenues imperméables constituent le mur de cette nappe de base sous les planèzes, loin du littoral. A proximité du littoral l’eau douce (moins dense que l’eau salée) repose en équilibre sur l’eau de mer (de plus forte densité) qui forme alors un biseau d’eau salée au sein des formations volcaniques.

III.3.c Profil hydrogéologique

Le profil hydrogéologique AA', perpendiculaire à la côte et passant par le forage Ligne Paradis et les forages de La Salette (voir le trait de coupe sur la figure 18), a été réalisé par Mascareignes Géologie. Il permet de visualiser la position relative des différentes nappes rencontrées dans le secteur de Saint-Pierre (figure 21).

Ainsi, comme nous l’avons vu au paragraphe II.2.e, le forage Ligne Paradis intercepte la nappe profonde captive et en charge sous une épaisse couche d’alluvions fines. D’après Mascareignes Géologie, « seuls les forages amont, profonds, de Ligne Paradis et de Frédeline, ont atteint cette nappe captive qui présente des niveaux piézométriques hauts (> 5 NGR) ».

En revanche, et comme cela est visible sur la figure 21, « les forages de La Salette et de la rivière d’Abord, moins profonds et plus proches du littoral, interceptent la nappe libre développée dans les coulées de basalte récentes. Les niveaux piézométriques sont bas (< 2 NGR) . Il est probable que la nappe captive se prolonge vers le Sud, vers le littoral, sous la nappe libre exploitée par les forages de la Salette et de la rivière d’Abord ».

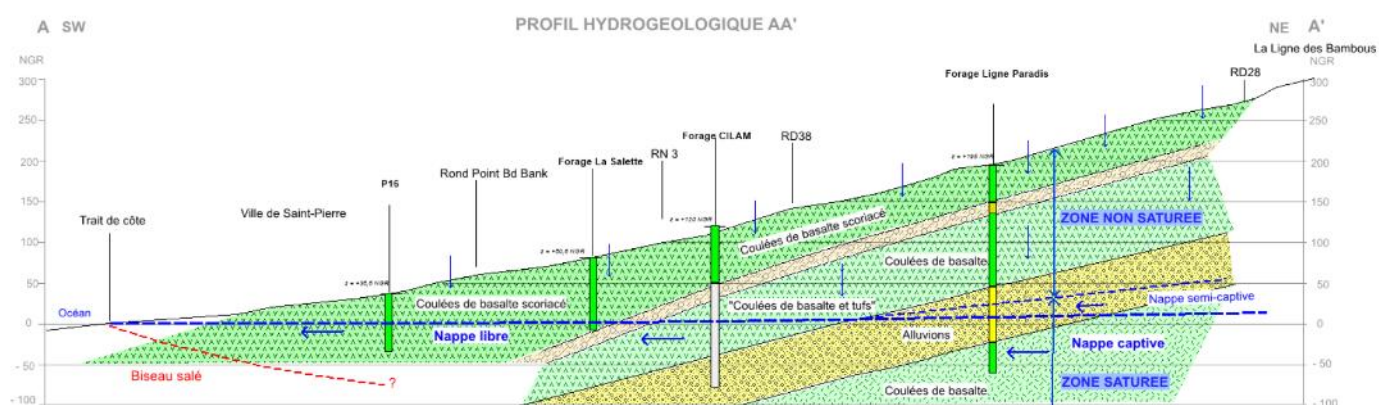


Figure 21 : Profil Forages AEP du forage Ligne Paradis sur la commune de Saint-Pierre (Mascareignes géologie,2024)

III.3.d Caractéristiques hydrauliques de la nappe

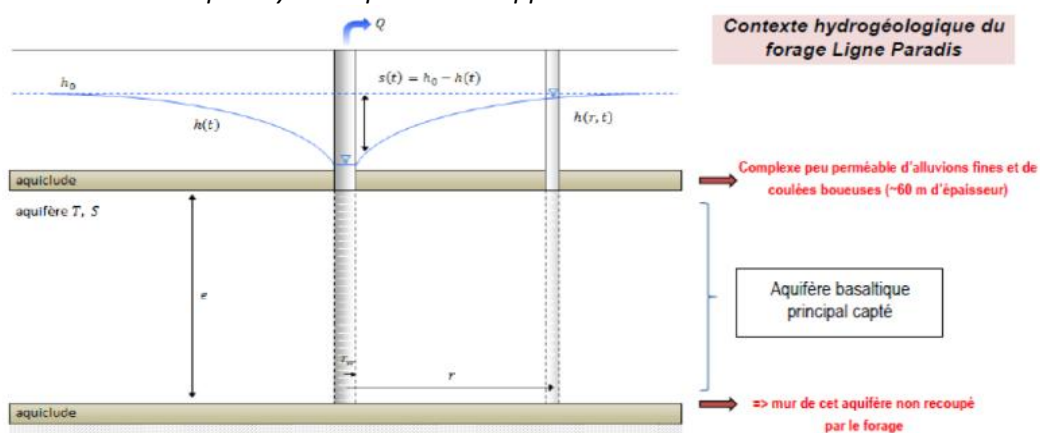


Figure 22 : Schéma du contexte hydrogéologique du forage (Mascareignes Géologie 2024, source EECOI)

Comme indiqué sur la figure 22 et comme nous l’avons vu au paragraphe II.2.e, le forage Ligne Paradis est une probablement nappe captive ou peut-être semi captive, dont la porosité est le résultat de l’interconnexion

d'interstice et de fissures (alternance de coulées basaltiques massives, plus ou moins fissurées, de couches scoriacées et de dépôts alluvionnaires). L'aquifère est surmonté par une formation semi-perméable constituée d'alluvions fines et de coulées boueuses (à faible perméabilité).

III.3.e Évaluation des masses d'eau souterraines concernées

Comme indiqué par Mascareignes Géologie, le forage Ligne Paradis se situe à l'interface de masses d'eau définies par le SDAGE Réunion :

- En limite amont de FRLG106, c'est à dire les « Formations volcaniques et volcano-sédimentaires du littoral de Pierrefonds - Saint-Pierre » ;

- A 60 m de la limite aval de FRLG119, c'est à dire les « Formations volcaniques de La Plaine des Cafres – Le Dimitile ».

Ainsi, **si l'on considère le sens d'écoulement des eaux souterraines, ce sont essentiellement les eaux issues de FRLG119 qui sont exploitées par le forage.**

Or, si l'on se réfère au SDAGE 2022-2027, en 2019, la masse d'eau FLG106 (figure 23) était considérée comme étant dans un état médiocre tant sur le plan quantitatif que qualitatif. En effet, elle subit, selon le SDAGE, de fortes pressions diffuses liées à l'assainissement non collectif, aux ruissellements urbains et aux phytosanitaires d'origine agricole. Elle est également vulnérable aux intrusions salines, car elle subit une forte pression liée aux prélèvements d'eau (cette ressource a donc été classée en Zone de Répartition des Eaux ou ZRE, par l'arrêté n°2019-132/SG/DRECV du 21 janvier 2019).

La masse d'eau FLG119 (figure 23) en revanche était considérée comme étant en bon état, bien qu'elle subisse une pression ponctuelle modérée liée à l'assainissement collectif, une pression diffuse modérée liée à l'assainissement non collectif et à l'azote d'origine agricole, ainsi qu'une forte pression diffuse due aux ruissellements urbains.

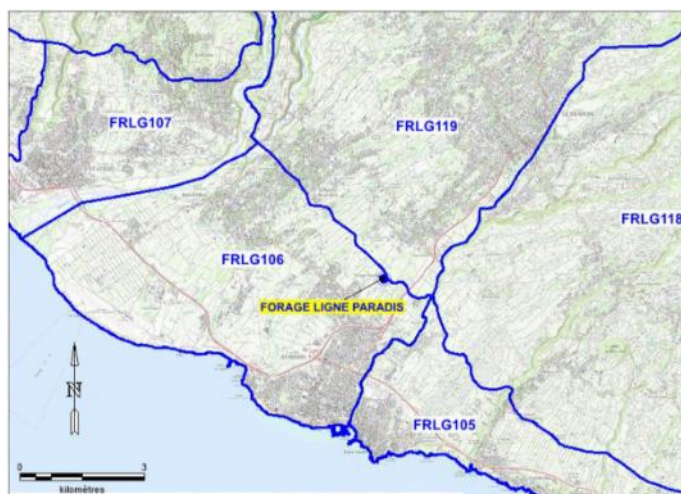


Figure 23 : Délimitation des masses d'eau souterraines (Mascareignes géologie, d'après SDAGE 2022-2027)

III.3.f Une vulnérabilité aux intrusions salines

L'exploitation de la nappe de base peut modifier la profondeur et la forme initiale du biseau d'eau salé (voir paragraphe III.3.b et visible sur les figures 20 et 21). Or, comme nous l'avons vu au paragraphe précédent, la nappe d'eau correspondant à FRLG106 a été classée en ZRE. Ce classement concerne des territoires où l'eau disponible est inférieure aux besoins de la population et où il existe un risque de surexploitation. Ainsi, en ZRE, les seuils de prélèvements d'eau doivent être abaissés.

En effet, sur le secteur de Pierrefonds des intrusions salines ont été mises en évidence au sein de l'aquifère en raison d'une exploitation excessive de certains ouvrages vulnérables, ce qui a fait remonter le biseau salé (BRGM, 2016). Or, malheureusement, il se trouve que les intrusions salines polluent durablement les aquifères concernés.

Selon Ghyben-Herzberg, l'épaisseur théorique de l'eau douce, donc la profondeur théorique du biseau salé (H), est

proportionnelle à la piézométrie (h). Elle peut être estimée : $H = 40 \times h$, mais il est plus exact d'écrire $H = 38 \times h$.

Aussi, comme la piézométrie de la nappe captive exploitée par le Forage Ligne Paradis est de 7 m sur la figure 19 (cette piézométrie variant entre + 6 et + 9 m NGR), on peut estimer grâce à Ghyben-Herzberg que l'épaisseur théorique de la lentille d'eau douce exploitée par le forage est de l'ordre de 240 à 360 m. Ainsi, selon ce modèle, l'eau salée devrait se situer à plus de 150 m en dessous du fond du forage Ligne Paradis.

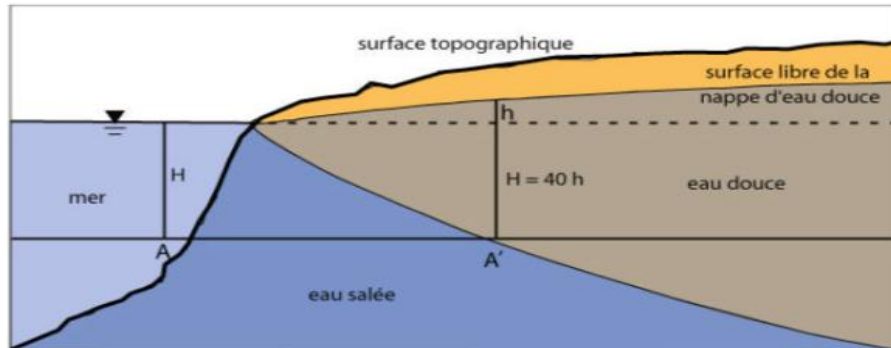


Figure 24 : coupe schématique perpendiculaire au littoral selon Ghyben-Herzberg (source BRGM, 2005)

D'après le même raisonnement, dans le forage Pierrefonds la piézométrie de la nappe est de l'ordre de 2 m (figure 19), l'épaisseur de la lentille d'eau douce devrait donc être de l'ordre de 80 m, et l'eau salée quasiment au niveau du fond du forage Pierrefonds.

Le Forage Ligne Paradis est, en conséquence, théoriquement moins vulnérable que le forage Pierrefonds aux intrusions d'eau salée.

Toutefois, la réalité est très complexe car les milieux ne sont pas homogènes, les flux ne sont pas constants et en plus une zone de diffusion où l'eau douce et l'eau salée se mélangent doit être considérée. Cette zone de mélange peut être importante selon les conditions hydrogéologiques. Aussi, **dans la réalité la lentille d'eau douce est forcément beaucoup moins épaisse et la zone de mélange de l'eau beaucoup plus proche du fond du forage.** Dans le piézomètre Syndicat à Saint-Pierre, par exemple, la couche d'eau douce est épaisse de 20 m et la zone de mélange de 10 m, soit 30 m au total avant l'eau de mer (source BRGM, 2005).

IV. Caractéristiques techniques de l'ouvrage

IV.1 Paramètres hydrauliques

Pour vérifier les capacités de production et déterminer les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe, utiles au dimensionnement de la zone d'appel de l'ouvrage, des essais de pompage (essais par paliers et essais longue durée) ont été réalisés sur le Forage Ligne Paradis en novembre 2009 par ANTEA puis en novembre 2023 par EECOI.

L'essai de pompage longue durée de 2009 a été réalisé à un débit de l'ordre de $153,2 \text{ m}^3/\text{h}$ pendant 48 heures. À la fin de l'essai longue durée, le rabattement était de 1,45 m à 1,46 m. L'essai de pompage longue durée de 2023 a été réalisé à un débit de l'ordre de $152 \text{ m}^3/\text{h}$ pendant 48 heures. À la fin de l'essai longue durée, le rabattement était de 1,32 m. Il semble donc que le comportement hydraulique et les capacités de production de l'ouvrage se soient améliorées, probablement suite aux opérations de brossage/nettoyage de janvier 2023. Ainsi, le **débit spécifique** du forage à $153 \text{ m}^3/\text{h}$ a augmenté, passant de $105 \text{ m}^3/\text{h/m}$ en 2009 à $122 \text{ m}^3/\text{h/m}$ en 2023.

En revanche la transmissivité (T) et le coefficient d'emmagasinement (S) déterminés par l'interprétation de ces essais n'a absolument pas changé. On a donc : $T = 2.10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ et $S = 1.10^{-4}$ (aquifère localement captif).

La perméabilité K de l'aquifère peut être calculée avec $K = T/e$ (e = épaisseur de l'aquifère). La perméabilité moyenne de l'aquifère exploité serait donc, selon Mascareignes Géologie, de l'ordre de $K = 3.10^{-3} \text{ m/s}$. Une épaisseur de la nappe d'eau douce (e) estimée à 67 m a donc été utilisée pour ce calcul.

IV.2 Débit d'exploitation recommandé

Les essais de pompage, interprétés par les bureaux d'étude, permettent de déterminer le débit à ne pas dépasser en cours d'exploitation pour conserver (autour et à l'entrée de l'ouvrage) un niveau d'eau suffisant et des écoulements majoritairement laminaires. En effet, des écoulements turbulents risquent de détériorer l'ouvrage.

Le coefficient de perte de charge linéaire (B) est de $4,6 \cdot 10^{-3} \text{ h/m}^2$, soit $1,66 \cdot 10^{-1} \text{ s/m}^2$.

Le coefficient de pertes de charges quadratiques (C) est de $4,6 \cdot 10^{-3} \text{ h}^2/\text{m}^5$, soit $525 \text{ s}^2/\text{m}^5$.

Les pertes de charges linéaires représentent donc 60 % pour un débit de l'ordre de $175 \text{ m}^3/\text{h}$.

Les résultats des pompages d'essai de novembre 2009 et novembre 2023, amènent les deux bureaux d'étude (ANTEA puis EECOI) à recommander un **débit d'exploitation du forage à $150 \text{ m}^3/\text{h}$** .

Ce débit **recommandé par les deux bureaux d'étude** s'appuie sur les points suivants :

- ils estiment que l'équipement du forage permettrait un débit de pompage maximal de $250 \text{ m}^3/\text{h}$;
- ils considèrent que compte tenu du faible rabattement dans l'ouvrage (de 1,5 m), le risque de dénoyage de la pompe d'exploitation est nul (pompe située à 198 m de profondeur alors que les crépines du forage commencent à 218 m) alors que le niveau de l'eau se situe entre 185 et 190 m de profondeur ;
- Ils pensent que le risque d'une invasion saline est très faible, puisque la cote piézométrique dans le forage au repos et en pompage (autour de +7 m NGR, en période de basses eaux) reste nettement au-dessus du niveau de la mer. (Mais il convient de rester prudent face à ce risque).

Toutefois, afin de limiter les phénomènes de perte de charge turbulentes dans l'ouvrage, **il est recommandé de mettre en place un dispositif de démarrage progressif du pompage jusqu'au débit de $150 \text{ m}^3/\text{h}$** .

IV.3 Calcul de la zone d'appel du forage

La zone d'appel, créée par un pompage dans un forage, correspond à la zone dans laquelle l'eau de la nappe se dirige vers le forage. La détermination de cette zone d'appel permet de définir l'extension du périmètre de protection rapprochée. Ses caractéristiques ont été déterminées par la méthode de Wyssling (cf. figure 19). L'application de cette méthode suppose la connaissance de quelques caractéristiques hydrodynamiques du captage et un milieu homogène. Pourtant, comme nous l'avons vu précédemment, le sous-sol au droit du Forage Ligne Paradis est essentiellement constitué d'un empilement de coulées fissurées et de scories basaltiques recouvert de plusieurs dizaine de mètres d'alluvions fines et de coulées boueuses. Comme le montre la coupe du forage (annexe 4), **les caractéristiques de ces basaltes ne sont pas homogènes**. L'application de la méthode Wyssling, en considérant une perméabilité globale, donne néanmoins un ordre de grandeur des distances de protection à retenir.

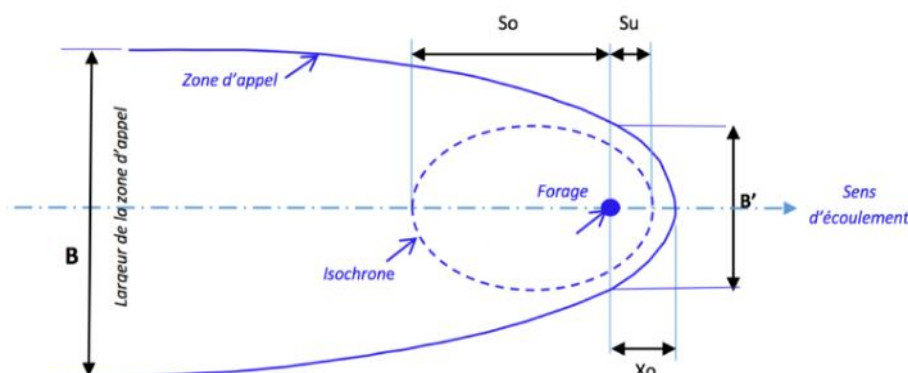


Figure 25 : Représentation schématique de la zone d'appel et d'une isochrone par rapport au sens d'écoulement de la nappe et à la position du forage.

L'extension de la zone d'appel d'un forage est définie par :

B : la largeur de la zone d'appel en amont du forage

B' : la largeur de la zone d'appel à hauteur du forage ($B' = B/2$)

Xo : le rayon d'appel du forage ($Xo = B/2 \pi$)

Avec la méthode de Wyssling, il est possible de calculer les distances So et Su pour un temps donné (50 jours pour la détermination des périmètres de protection rapprochée).

Les calculs effectués par le bureau d'étude, utilisent un débit de $150 \text{ m}^3/\text{h}^3$, une transmissivité de $0,205 \text{ m}^2/\text{s}^4$, un gradient de 0,0025, une porosité efficace de 10 %⁵ et probablement une épaisseur de l'aquifère de 70m. On obtient ainsi une **largeur théorique de la zone d'appel de 81 m** (B sur la figure 25). **Au niveau du forage, la largeur de la zone d'appel serait alors de 40 m** (B' sur la figure 25). **Le rayon d'appel aval serait de 13 m** (Xo sur la figure 25).

Le calcul de l'isochrone correspondant à 50 jours de pompage, donne environ : pour l'isochrone amont **So, 593 m** et pour l'isochrone aval **Su, environ 25 m** (voir So et Su sur la figure 25). Les 50 jours offrent un délai d'intervention en cas de pollution chimique accidentelle. Ce délai permet aussi une épuration microbiologique naturelle vis-à-vis des pollutions bactériennes.

Comme nous l'avons vu, ces résultats ne sont qu'indicatifs. Mais **si nous faisons varier les paramètres de calculs** par exemple une épaisseur de 200 m pour l'aquifère capté (paragraphe III.3.f) ; un gradient allant de 0,2% à 0,33% comme cela apparaît sur le modèle piézométrique de l'Office de l'Eau utilisé par Antéagroup (figure19) ou une porosité de 8 à 10 %. Nous constatons que **les différents résultats que nous obtenons sont du même ordre de grandeur** : une largeur de zone d'appel (B sur la figure 19), variant entre 60 et 101 m ; une largeur d'appel aval (B'), variant entre 30 et 50 m ; un rayon d'appel aval (Xo), variant entre 10 et 16 m et un isochrone 50 jours (So), variant lui de façon un peu plus importante, entre 115 m et 600 m.

IV.4 Détermination de l'aire d'alimentation du forage

L'aire d'alimentation lointaine du forage Ligne Paradis, couvre une partie de la planèze, en amont hydraulique de l'aire d'influence hydrodynamique du forage. Elle désigne la zone sur laquelle l'eau superficielle s'infiltre ou ruisselle, et fini par alimenter la partie de la nappe qui est exploitée par l'ouvrage. L'extension de cette zone est donc bien plus vaste que les périmètres de protection du captage, mais sa délimitation doit permettre de définir une **zone sur laquelle on s'efforcera de lutter contre les pollutions diffuses risquant d'impacter durablement la qualité de l'eau prélevée par le forage.**

Compte tenu de l'absence de données piézométriques dans cette zone d'alimentation lointaine, il est impossible de délimiter précisément cette aire. Néanmoins, la détermination de l'aire d'alimentation du forage Ligne Paradis par le bureau d'étude (figure 27), a pris en considération :

=> la direction probable des écoulements souterrains profonds, du Nord-Est vers le Sud-Ouest (direction N 45° E), soit la direction du Bras Concession,

=> l'emprise des bassins versants des ravines passant à proximité du forage Ligne Paradis à savoir le bassin versant de la ravine Blanche et de la rivière d'Abord, qui remontent jusqu'au sommet du rempart de la rivière des Remparts, à plus de 15 km du forage. En effet, les eaux précipitées sur ces deux bassins versants s'infiltrent en partie dans les sols d'altération et dans les coulées récentes en gratons de surface, ou ruissellent vers les lits des ravines et rivières incisées où elles se concentrent, et où elles pourront s'infiltrer encore plus facilement du fait de l'absence de sols et

3 Débit d'exploitation recommandé

4 Transmissivité calculée issue des résultats des pompages de novembre 2023

5 Valeur correspondant à un sable de faible porosité ; la porosité issue de la bibliographie dans les basaltes fissurés se situe entre 8 et 10 % selon Antéagroup.

de végétation dans ces lits de ravine. Par ailleurs, nous pouvons considérer que les secteurs urbanisés et cultivés en rive droite de la rivière d'Abord font partie de l'Aire d'Alimentation du forage. Il s'agit des secteurs de la Ligne Bambous, de Mon Caprice et de La Concession.

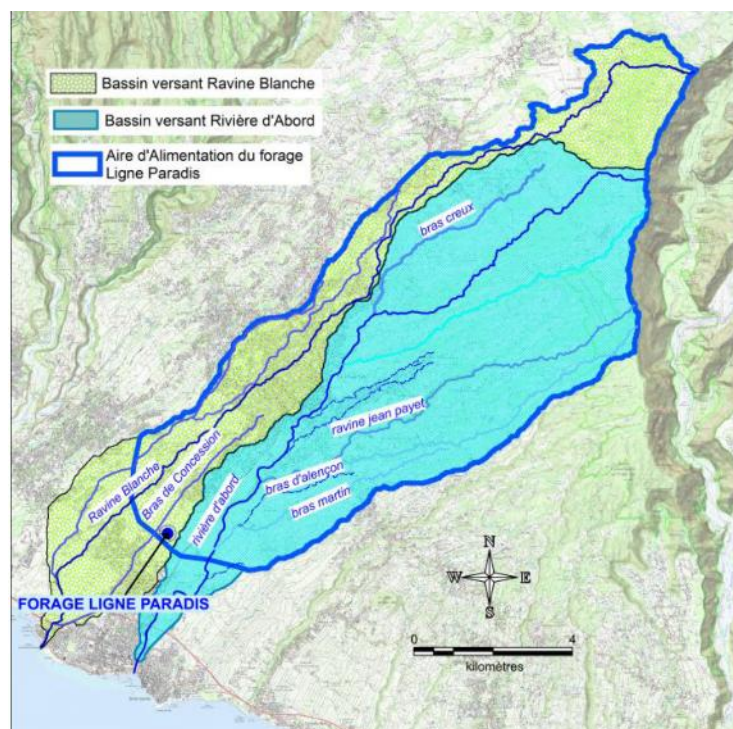


Figure 27 : Aire d'alimentation du Forage Ligne Paradis (Mascareignes Géologie, 2024).

IV.5 Les périmètres de protection existant à proximité de l'ouvrage.

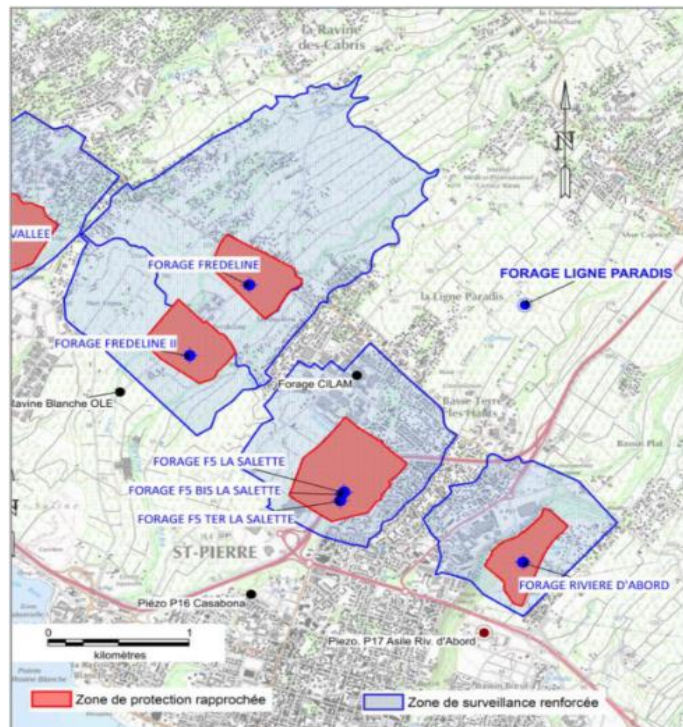


Figure 28 : Zones de protection de captages existants (Mascareignes Géologie, source ARS 2023).

Le forage Ligne Paradis se trouve en dehors des zones de protection rapprochée ou des zones de surveillance renforcée de captages AEP existants à proximité.

Ainsi par exemple, la zone de protection rapprochée des forages de La Salette est à 1,5 km en aval du forage Ligne

Paradis et leur zone de surveillance renforcée à 1 km en aval.

Le forage à usage industriel de la CILAM, plus proche (situé à 1,3 km au Sud-Ouest du forage Ligne Paradis), bénéficie, lui, de l'autorisation n° 11-1195SG/DRCTCV délivrée le 3 août 2011, mais n'est pas doté de périmètre de protection en dehors de l'emprise de l'usine.

V. La vulnérabilité de l'aquifère

V.1. Sources de pollution potentielles

V.1.a Les activités agricoles

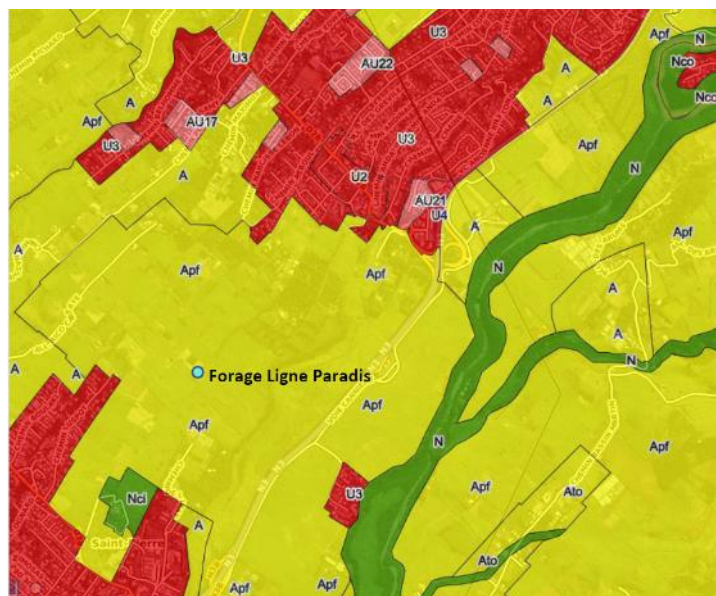


Figure 29 : carte du zonage PLU dans l'environnement de l'ouvrage (source Mascareignes Géologie, 2024)

Si on considère le PLU de la commune de Saint-Pierre (figure 29), le forage Ligne Paradis se situe en zone Apf, **zone agricole de protection forte** définie par le SAR Réunion. Ainsi, l'ouvrage est implanté au sein d'un espace agricole fortement protégé et irrigué par le réseau SAPHIR.

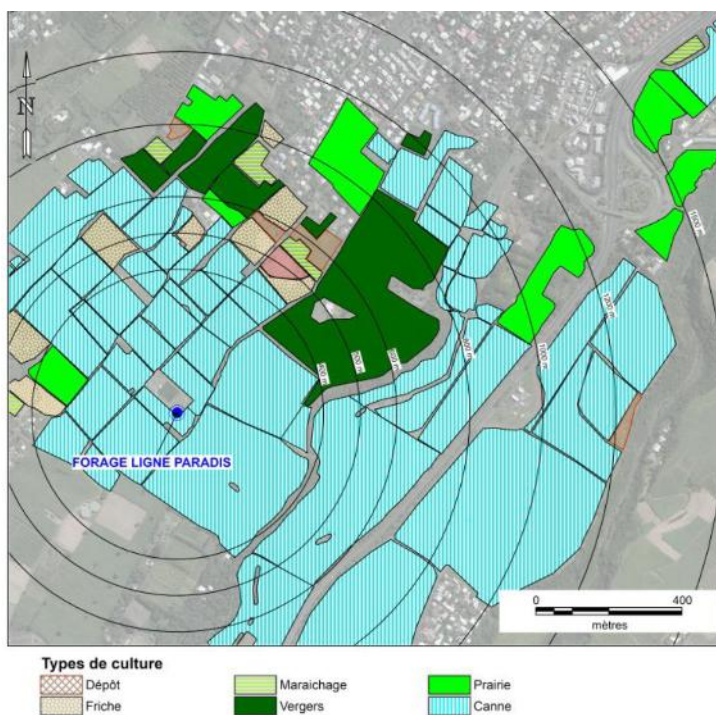


Figure 30 : carte des cultures à proximité du forage (source Mascareignes Géologie, 2024)

A proximité, on observe (figure 30 essentiellement des cultures intensives de cannes à sucre, quelques vergers (de Letchis, mangues et agrumes) et prairies (de fauche ou permanentes) et très peu de maraîchage (tomates).

Mascareignes Géologie montre que des parcelles, généralement proches des zones habitées de la Ligne des Bambous, sont délaissées (en friche). Le bureau d'étude remarque également que « la canne à sucre est abandonnée au profit de prairies de fauche ou de vergers ».

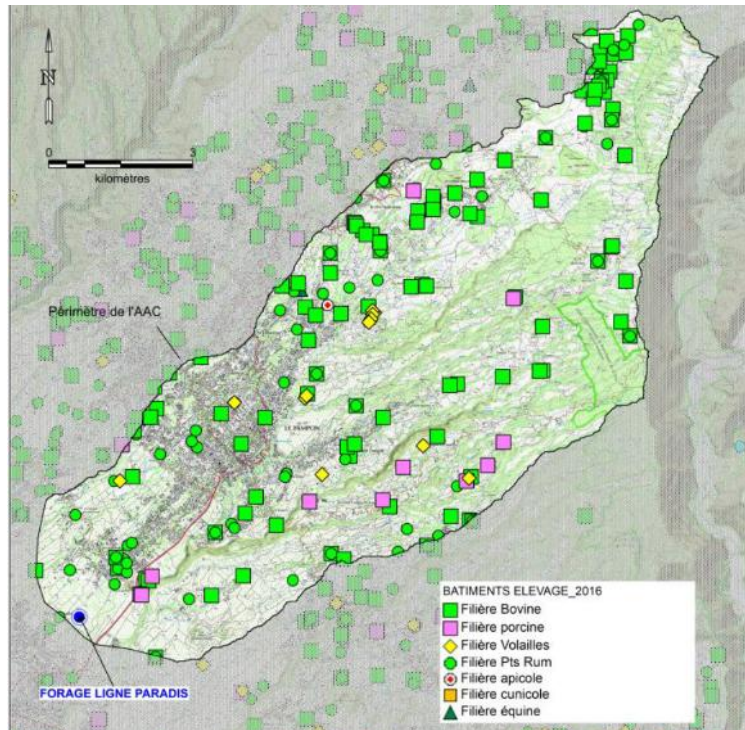


Figure 31 : carte des élevages à proximité du forage (source Mascareignes Géologie, d'après DAF Réunion)

La première activité d'élevage recensée se situe à 1km en amont de l'ouvrage (figure 31). Il s'agit d'un petit élevage caprin, signalé à proximité des zones habitées de la Ligne des Bambous. Des élevages de bovins et de porc ont été identifiés à plus 1,3 km en amont de l'ouvrage (dans le secteur de Mon Caprice, à l'Est de la RN3). Étant donné la densité de ces élevages, l'importance des rejets associés et leur situation, relativement loin en amont de l'ouvrage, leur impact est considéré comme faible sur la ressource captée.

V.1.b L'habitat

En amont du forage, la première construction isolée, au sein de l'espace agricole se trouve à un peu plus de 300 m au Nord-ouest, une seconde à 500 m au Nord-Est. En aval des constructions commence à environ 260m au Sud-Est du forage.

Cet espace agricole est placé entre deux axes routiers importants, structurant des espaces urbains agglomérés de Saint-Pierre classés en U3 (figure 29). Ils sont destinés à permettre la mixité des occupations et utilisations du sol tout en garantissant une préservation du tissu résidentiel (secteur Basse-Terre/Ligne Paradis et secteur Ligne Bambous). Dans le quartier de la Ligne des Bambous une zone centrale est classée en U2. La densité urbaine et les fonctions centrales doivent y être confortées, en accueillant les commerces, services, activités et équipements qui structurent ce rôle attractif. Enfin des zones AU correspondent à des espaces réservés à l'urbanisation future. Les constructions y sont autorisées soit lors de la réalisation d'une opération d'aménagement d'ensemble, soit au fur et à mesure de la réalisation des équipements internes. Les zones loties de la Ligne des Bambous qui se trouvent au sein de ces espaces sont situées à 650 m en amont du forage. En aval, les premières habitations sont au-delà de 380 m. La zone Nci couvre les sites destinés à accueillir un cimetière et un crématorium sur la Ligne Paradis à 750 m en aval.

V.1.c Les voies de circulation

Le réseau routier est structuré par des routes départementales : la Ligne Paradis en aval du forage et La ligne Bambou en amont. Les deux quartiers du même nom et organisés le long de ces axes routiers à forte fréquentation (voitures, camions, bus, engins de chantiers, etc.), comportent des routes communales, des rues et des ruelles sur lesquelles la circulation automobile est moins importante.

Le chemin agricole de La Salette, le long duquel se trouve le forage Ligne Paradis, est un chemin empierré sans aucun revêtement et raviné par les eaux (aucun fossé de drainage). Il est utilisé par les riverains, les exploitants des terres agricoles et des promeneurs. Il se raccorde aux routes départementales de la Ligne Paradis (RD 38) et de la Ligne Bambous (RD 28). Il est bitumé à ses extrémités, au Sud entre la RD 38 et le parking du centre funéraire et au Nord, entre les habitations et la RD 28.

Les axes routiers peuvent être à l'origine de déversements ou de fuites de produits dangereux sur la voirie ou ses abords immédiats (fuites d'huiles ou d'hydrocarbures, de produits ménagers toxiques, de substances industrielles ou agricoles polluantes, etc). Cela constitue un risque potentiel de pollution de la voirie et des eaux de ruissellement, mais aussi du sol et du sous-sol. **Le risque de pollution accidentelle y est donc très important**, mais les voiries disposent en principe d'ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux pluviales qui permettent de contenir une éventuelle pollution accidentelle. Ce n'est toutefois pas le cas du Chemin de La Salette, où ce risque reste donc important.



Figure 32 : repérage de zones de parkings à l'amont de l'ouvrage (source Géoportail, photo du 19/07/2022)

V.1.d Les activités industrielles

Les activités industrielles recensées par le bureau d'étude en amont et à proximité de l'ouvrage comptent deux stations services, trois garages de mécanique automobile, des entreprises de vente ou de location de véhicule, de menuiseries métalliques, de laboratoires ou pharmacies, de commerce. Ces installations possèdent des ateliers de réparation de véhicules à moteurs et des dépôts d'hydrocarbures, des stockages de produits chimiques, etc.

Ainsi par exemple, les activités industrielles liées à l'automobile, bien que non classées pour la protection de l'environnement peuvent générer des pollutions accidentelles ou par négligence, par déversement de produits polluants (hydrocarbures – huiles – gazole - essence – graisses), de déchets divers (produits dissolvants, peinture, ...).

Certaines d'entre elles se situent relativement proches, à l'amont du Puits (figure 33) et représentent un risque important de pollution.

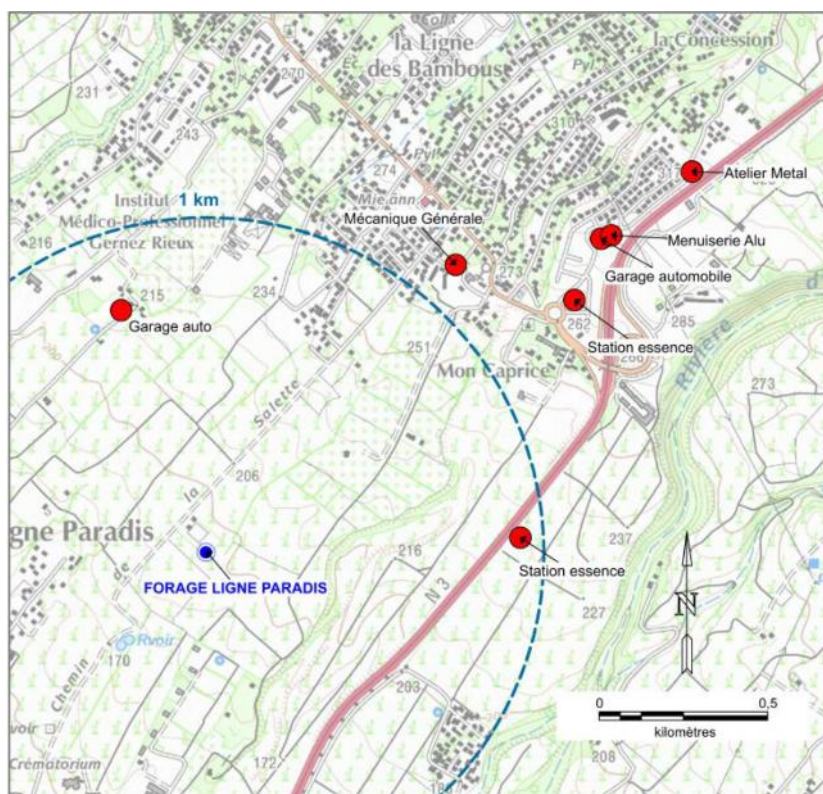


Figure 33: carte des sources de pollution identifiées (Mascareignes Géologie, 2024)

V.1.e Les déchets et dépôts sauvages

La collecte des déchets relève de la compétence de la CIVIS sur la commune de Saint-Pierre. Le ramassage est régulièrement effectué, mais des dépôts sauvages de taille relativement réduite peuvent être régulièrement identifiés le long du chemin de La Salette. Ces dépôts sont généralement constitués de carcasses de véhicules, d'appareils électroménagers, de cadavres d'animaux, de déchets industriels banals, de déchets verts, etc. Ces dépôts constituent de sources de pollution par lessivage et infiltration vers la nappe. **Ils doivent être régulièrement repérés, puis systématiquement et rapidement évacués.**

D'après le bureaux d'étude, « des remblais ont été récemment déposés sur une parcelle N° 416CZ0370 située à 500 m en amont du forage du forage, en bordure du Chemin de la Salette. Les images satellitaires montrent que le

remblaiement a débuté en 2019 et s’est poursuivi jusqu’en 2023. Les matériaux sont composés de terres et de produits de démolition » (figure 34).



Figure 34: Remblaiement d’une parcelle agricole à 500 m en amont du forage avec des déchets inertes (Mascareignes Géologie, 2024 , source Google Earth mai 2023)

D’autres dépôts de ce type ont peut-être été réalisés et constitueraient des sources de pollution chronique difficiles à identifier et donc difficiles à traiter. **Une surveillance régulière doit donc être réalisée, afin d’empêcher de nouvelles implantations.**

V.1.f L’assainissement des eaux usées et pluviales

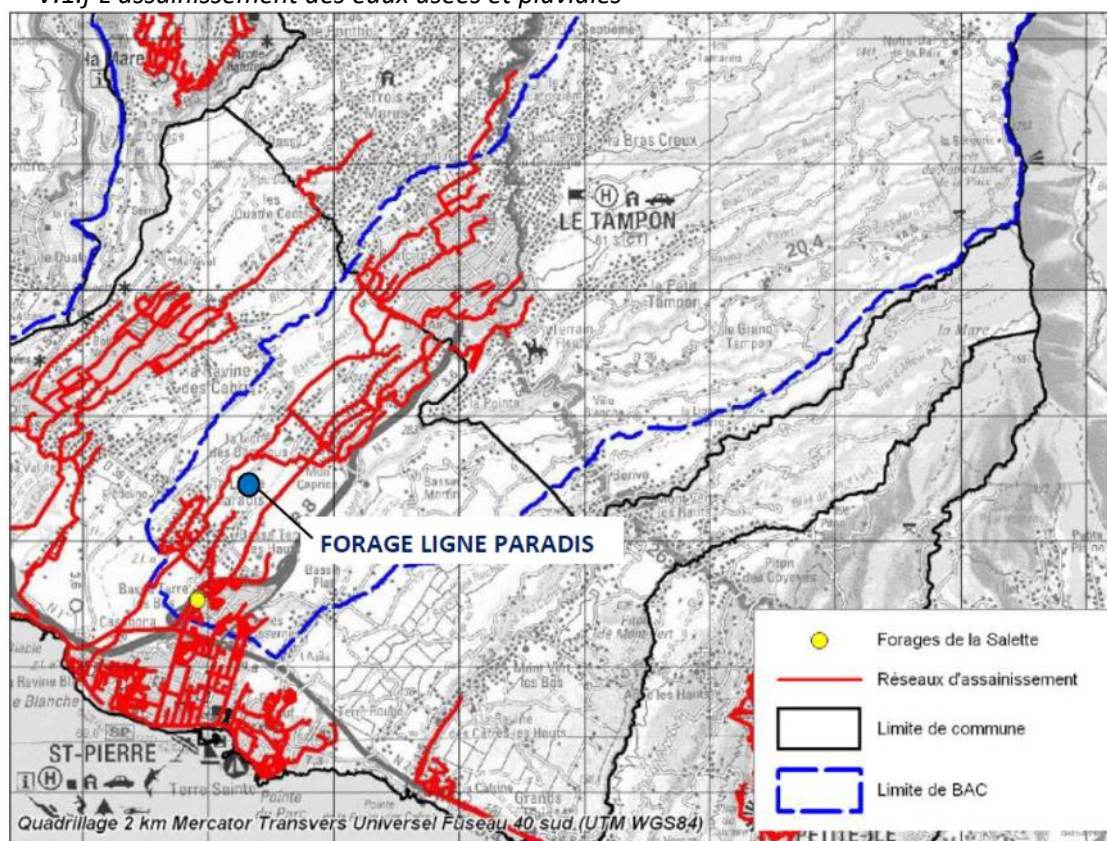


Figure 35: carte de l’assainissement collectif du secteur (source Mascareignes Géologie, 2024)

Dans ce secteur, les maisons isolées sont dotées d’assainissement individuel. En principe, ces habitations possèdent un assainissement autonome avec filière d’épandage ou puits filtrant. Le risque de contamination des eaux peut être présent dans le cas d’un assainissement autonome mal géré ou inexistant.

En revanche, les zones urbanisées de la Ligne Bambous, du secteur Condé Concession sont raccordées au réseau d’assainissement collectif (figure 35). Une canalisation principale passe à 250 m à l’ouest du forage (cf. figure 35). Le

réseau de collecte des eaux usées représente une source de pollution en cas de fuite ou de réseaux en contre pente. L'essentiel des habitations de ces secteurs y sont raccordés. Le contrôle et le diagnostic des réseaux existants est assurés par la CIVIS. Le SPANC, se charge de vérifier la bonne exécution des dispositifs d'assainissements autonomes pour les nouvelles constructions.

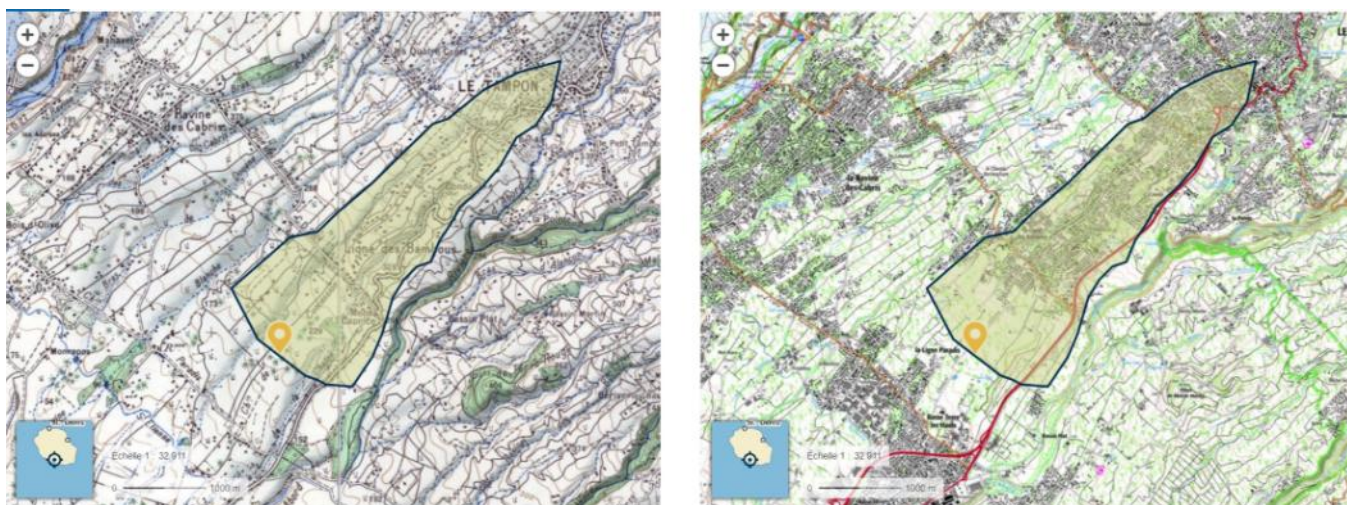
Le bureau d'étude a demandé à la CIVIS en janvier 2024 les plans et caractéristiques des réseaux d'assainissement. Il n'y a pas eu de retour de la CIVIS. Nous ne savons donc pas si le secteur est équipé d'ouvrages de collecte et de gestion des eaux pluviales des surfaces imperméabilisées. Ces réseaux suivent les principaux axes routiers et permettent en principe l'évacuation de la plus grande partie des eaux de ruissellement provenant des routes et des parking avant qu'elles se déversent dans le périmètre de protection immédiat.

V.1.g Les eaux de ruissellement

L'ensemble du réseau hydrographique du secteur est globalement orienté du Nord-Est au Sud-Ouest.

Comme nous l'avons déjà vu au paragraphe III.2., le forage Ligne Paradis se situe entre deux ravines importantes et bien visibles dans le paysage : La Ravine Blanche située à 1,2km à l'Ouest (n°1 sur les figure 15 et 16) et La Rivière d'Abord à 1,2 km à l'Est (n°4 sur les figure 15 et 16).

Mais, entre ces deux ravines se trouvent deux petites ravines bien visibles sur une carte IGN de 1950, mais aujourd'hui plus ou moins masquées par l'urbanisation et les aménagements ruraux : La Ravine Concession à moins de 350 m à l'ouest (n°2 sur la figure 15) et La Ravine de la Chaîne à moins de 450 m à l'Est. La surface des bassins versants cumulés de ces deux ravines peut être estimée à environ 5,2 km² sur la carte IGN 1950 (figure 29) et commence à peu près à 4,9 km en amont de l'ouvrage.



Figures 29 et 30: Localisation du Forage Ligne Paradis-délimitation du bassin versant des ravines proches-carte topographique de 1950 puis actuelle (données géoportail)

Cette aire d'alimentation des deux petites ravines est aujourd'hui très fortement anthropisée (figure 30) par des espaces agricoles et urbains. Elle est par conséquent modifiée par les aménagements (remblais plus ou moins perméables, imperméabilisation liée aux voiries et aux constructions, murs, réseaux de collecte des eaux pluviales, etc.), ce qui perturbe forcément l'écoulement de l'eau en surface et son infiltration. **Mais, en période de forte pluie, l'essentiel des eaux de ruissellement sur cette zone est probablement drainé, par les deux petites ravines passant à quelques centaines de mètre de l'ouvrage.**

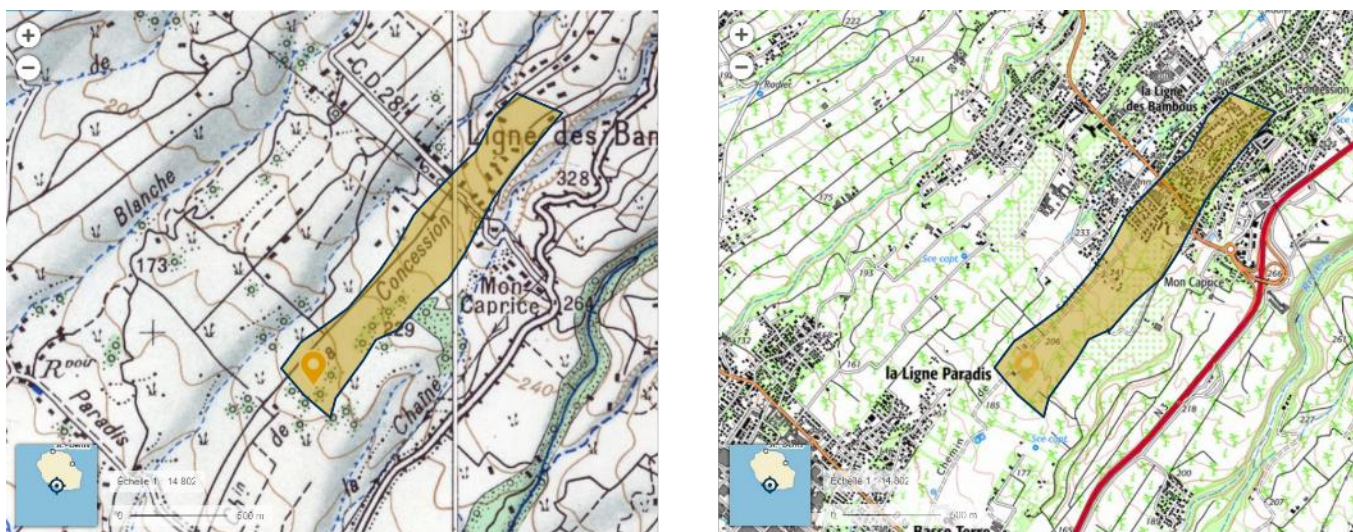
Le forage Ligne Paradis est donc situé dans un environnement agricole, mais à faible distance d'espaces urbains ou de zones de stockage de véhicules. Les sources de pollutions potentielles de la ressource en eau souterraine identifiées sont de type :

- agricoles certes,

- mais aussi urbaines, associées à d'éventuels dysfonctionnements des systèmes d'assainissement collectifs (fuite, réseau en contre pente) et autonomes, et aux infiltrations des eaux de ruissellement chargées en pollutions urbaines (métaux lourds, hydrocarbures déversement de produits ménagers et industriels toxiques).

Au delà de cette aire d'alimentation, les flux d'eau superficiels sont drainés par La Ravine Blanche à l'ouest et la Rivière d'Abord à l'Est. Cela éloigne les écoulements concernés de la zone d'appel potentielle Forage. Ainsi du fait de la topographie et sans considérer l'influence des aménagements humains urbains seuls les écoulements de surface se situant dans l'aire d'alimentation définie sur les figures 29 et 30 concernant cet ouvrage.

Par ailleurs, au sein de cette aire d'alimentation, on peut identifier un espace d'environ 0,5 km² pour lequel il n'est pas certain que les eaux de ruissellement rejoignent les ravines proches avant d'atteindre le forage Ligne Paradis (figure 31). Sur cet espace anthropisé (habitat, routes, parkings, espaces agricoles, etc) les eaux de ruissellement sont donc susceptibles de s'écouler et de s'infiltrer à proximité ou dans le périmètre de protection immédiate de l'ouvrage.



Figures 31: Localisation d'un espace de ruissellement potentiel vers le Forage Ligne Paradis-carte topographique de 1950 puis actuelle (données géoportail)

V.1.h Les eaux souterraines

Concernant les écoulements souterrains, le modèle piézométrique proposé par Antea en 201 et l'Office de l'eau en 2015 permet de constater qu'ils sont de direction Nord-Est/Sud-Ouest dans le secteur concerné par le forage (figure 19). En effet les écoulement souterrains sont perpendiculaires aux lignes piézométriques.

Comme nous l'avons déjà vu au paragraphe III.3.e le SDAGE 2022-2027 considère l'état de la masse d'eau **FLG106**, au sein de laquelle est implanté le forage Ligne Paradis, comme étant sensible aux pollutions chimiques.

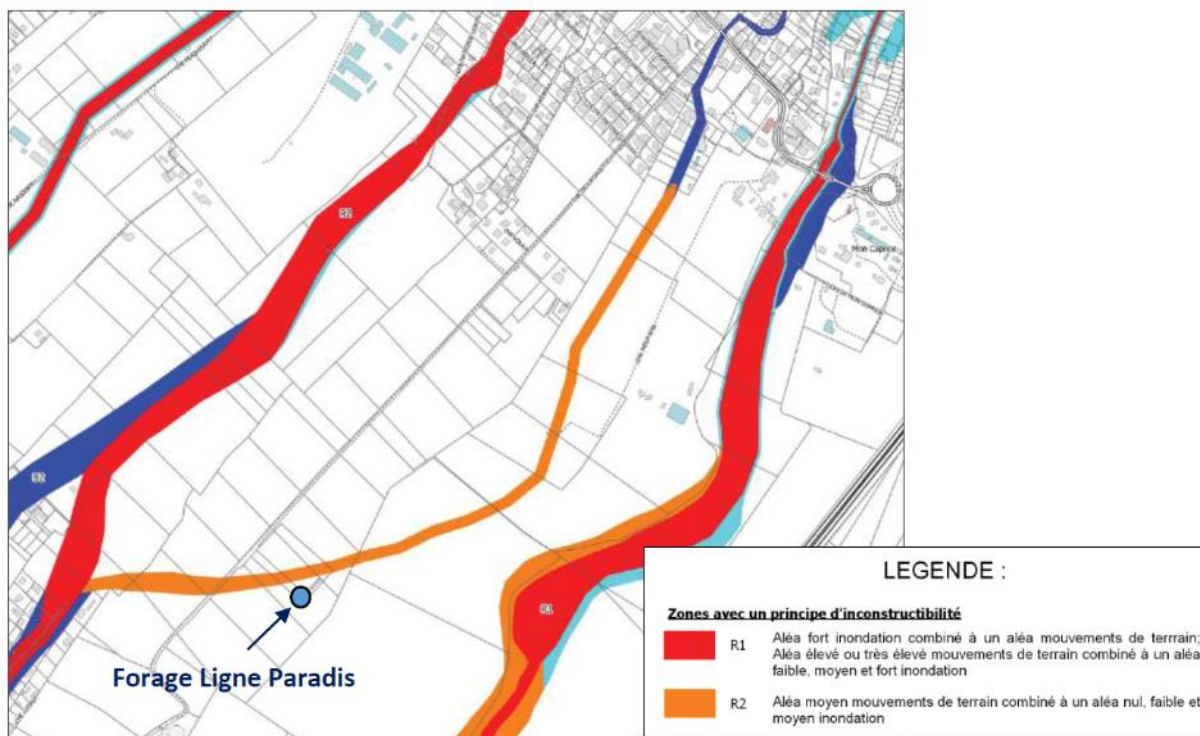
Elle est dans un **état médiocre** tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Elle subit, en effet, selon le SDAGE, de fortes pressions diffuses d'origine anthropique et elle est également vulnérable aux intrusions salines. Il s'agit de la nappe de base, lentille d'eau douce en équilibre sur de l'eau salée. Elle doit être prudemment exploitée si l'on veut éviter des intrusions salines à l'origine d'une pollution durable de l'aquifère.

Toutefois le secteur exploité par l'ouvrage est proche de la limite amont de FRLG106 et à proximité de la limite aval de la masse d'eau FLG119. Il est donc très certainement sous l'influence directe de cette dernière. Or le SDAGE la considère comme étant encore en bon état, bien qu'elle subisse des pressions anthropiques ponctuelles et diffuses modérées.

Les sources de pollutions diffuses ou ponctuelles sont identifiées : assainissement collectif et non collectif, ruissellements urbains, phytosanitaires et azote d'origine agricole.

V.1.i Les aléas inondation et glissement de terrain.

Selon le Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) de la commune de Saint-Pierre (l'arrêté préfectoral d'approbation n°477 SG/DRCTCV/BCLU du 1er avril 2016), le **Forage Ligne Paradis** est implanté sur une zone d'aléa inondation nul, mais **en bordure immédiate d'un « bras d'écoulement »** qualifié en aléa moyen pour les inondations et modéré pour les mouvements de terrains associés (figure 32).



Figures 32: Zonage réglementaire du risque, extrait du PPRN du Saint-Pierre 2016 (source Mascareignes Géologie, 2024)

Ce bras d'écoulement semble drainer l'espace identifié au paragraphe V.1.g (figure 31). Il passe entre le forage Ligne Paradis et le Réservoir Ligne Paradis et recoupe la parcelle clôturée, ainsi que l'accès sud-ouest au forage.



Figure 33: Zonage d'aléa moyen reporté sur l'orthophoto IGN (source Mascareignes Géologie, 2024)

La partie de la parcelle, concernée par le **classement en zone R2** dans le zonage réglementaire, est donc soumise à un principe d'inconstructibilité. **Y sont donc interdits :** (1) Les remblais et dépôts de tout volume ; 2() Les clôtures pleines (murets, murs, etc.) ; et (3) Le stockage de produits et de matériaux ou de produits flottants (pneus, bois et meubles, automobiles et produits de récupérations).

On retrouve au nord-ouest la Ravine Concession et au sud-est la Ravine de la Chaîne que nous avons décrites au paragraphe III.2 (voir figure 15) et pour lesquels l'aléa est fort (figure 32).

IV.1.j Les risques de pollution par le sel.

Comme nous l'avons déjà vu au paragraphe III.3.e, le forage est situé dans la masse d'eau FLG106 (figure 23), bien qu'au niveau de sa limite amont. Or cette dernière est vulnérable aux intrusions salines, car elle subit une forte pression liée aux prélèvements d'eau. Elle est classée en Zone de Répartition des Eaux ou ZRE, par l'arrêté n°2019-132/SG/DRECV du 21 janvier 2019).

Dans ce contexte, le risque de pollution de la nappe par une intrusion saline ne peut pas être exclu.

V.2. Protection naturelle de la nappe

Comme cela est indiqué par Mascareignes Géologie, la nappe captée par l'ouvrage que nous étudions se situe entre 221 et 257 m de profondeur. Or, les observations effectuées au cours de la foration de l'ouvrage, indiquent que la zone non saturée (ZNS) est d'au moins 160 m de profondeur (zone de stabilisation de la piézométrie). Comme nous l'avons déjà vu (figure 14) ces 160 m de formations non saturées sont constituées d'un empilement de couches perméables à semi-perméables qui assure certainement une protection naturelle de la nappe captée par le forage Ligne Paradis. En effet, la percolation de l'eau à travers ces 160 m de formations volcaniques et alluvionnaires sera donc longue et favorisera une épuration microbiologique de certaines molécules ou de certaines pollutions bactériennes.

Et puis, une autre nappe captive ou semi captive circule dans cet épais niveau d'alluvions, au dessus de la nappe exploitée. Elle réceptionne probablement les eaux en provenance de la surface et contribue certainement à protéger la ressource exploitée des pollutions.

Par ailleurs, comme le signale Mascareignes Géologie, l'épaisseur de la zone non saturée croît vers l'amont, c'est à dire vers le haut de la planèze. Ainsi, au droit de la RD 28 (route de la Ligne Bambous), l'épaisseur des terrains de couverture non saturés serait supérieure à 200 m. Or, dans la zone non saturée, les eaux s'écoulent avec une forte composante verticale, de la surface jusqu'à la nappe. Et les circulations sont lentes puisque que les eaux traversent, comme nous l'avons vu, des formations peu perméables.

Enfin, la nappe exploitée est captive. Elle est située sous un épais niveau constitué d'alluvions fines, de coulées boueuses et de sol rubéfié. Ce niveau, comme nous l'avons vu au paragraphe III.1, fait partie d'un vaste cône alluvionnaire ancien recoupé par les forages Frédeline et le piézomètre Ravine Blanche. Il s'agit donc là du toit peu perméable de la nappe exploitée, qui la protège lui aussi d'éventuelles pollutions. Elle est située sous un épais niveau constitué d'alluvions fines, de coulées boueuses et de sol rubéfié. Ce niveau, comme nous l'avons vu au paragraphe III.1, fait partie d'un vaste cône alluvionnaire ancien recoupé par les forages Frédeline et le piézomètre Ravine Blanche. Il s'agit donc là du toit peu perméable de la nappe exploitée, qui la protège lui aussi d'éventuelles pollutions.

Tous ces éléments contribuent à une **bonne protection naturelle de l'ouvrage**. Toutefois, des substances polluantes comme les nitrates ne sont pas éliminées lors du transfert lent dans la zone non saturée, puis la nappe libre sous-jacente et peuvent très bien atteindre la nappe captive exploitée par le Forage Ligne Paradis.

V.3. Protection au niveau de l'ouvrage

V.3.a. Vis à vis des eaux d'infiltration

Le forage Ligne Paradis bénéficie d'une protection naturelle, puisqu'il capte une nappe captive profonde (située entre 218 et 257 m de profondeur). Elle même surmontée d'une autre nappe captive ou semi captive.

Il bénéficie par ailleurs, d'un équipement de protection permettant d'isoler la ressource captée :

- Il s'agit tout d'abord, comme on peut le voir au paragraphe II.2.b., (1) d'un tube acier plein de 508 mm de diamètre ($\varnothing$ 20") entre 0 et 38 m de profondeur, cimenté à l'extrados sur toute sa longueur et (2) d'un autre tube acier plein de 356mm de diamètre ($\varnothing$ 14") entre 0 et 221 m de profondeur, cimenté à l'extrados entre 0 et 150 m. Cette double cimentation empêche d'éventuelles infiltrations venant des couches superficielles. D'après Artelia (2025), « aucune venue d'eau n'a été relevée dans la partie hors nappe lors des inspections caméra du 18 juin 2021 et du 27 janvier 2023 ». Ainsi « la double cimentation du forage, le protège d'éventuelles infiltrations depuis les couches superficielles ».

- Par ailleurs, comme nous l'avons montré au paragraphe II.2.d, la tête du forage est protégée, par un regard semi-enterré en béton, recouvert par une plaque en tôle aluminium, munie d'une trappe de visite. La surévaluation de cet ouvrage en béton, de 35 cm par rapport au terrain naturel, protège le forage des eaux de ruissellement de la plateforme.

- Enfin, afin de renforcer cette protection (voir paragraphes I.4. et II.2.d), les eaux superficielles (pluies, fuites du réseau, nettoyage des installations) sont récupérées par plusieurs grilles avaloir placées au fond du regard en tête de forage, sous le ballon anti-bélier et dans le local technique. Celles-ci évacuent l'eau via une conduite enterrée en PVC de 200 mm de diamètre, vers le réseau de drainage des installations SAPHIR près du chemin Ligne paradis.

Les installations du forage Ligne Paradis prévoient donc la protection du forage vis à vis d'écoulements potentiellement polluants.

V.3.b. Vis à vis des intrusions malveillantes

Tout d'abord, la parcelle d'exploitation du bassin de la Ligne Paradis, sur laquelle est implantée le forage, est entourée d'une clôture. On peut y accéder grâce à deux portails (voir paragraphe II.2.d).

Il existe également des dispositifs anti-intrusion qui sont placés au niveau (1) de la trappe d'accès au regard de la tête du forage (voir paragraphe II.2.d) et (2) de la porte d'entrée du local technique. Ils sont reliés en temps réel à la télésurveillance de la SAPHIR et lui permettent d'être constamment tenu informée d'intrusions sur ses ouvrages et unités de production.

Bien que ces installations semblent correctement protégées, il serait judicieux de distinguer matériellement le périmètre de protection immédiat du forage AEP du reste de la parcelle d'exploitation (hébergeant le réservoir le réservoir Ligne Paradis et la station de pompage associée). Une clôture spécifique est donc préconisée.

V.4. Influence des fortes pluies sur la nappe captée

Lors du passage du Cyclone BELAL le 15 janvier 2024, puis de la tempête CANDICE du 23 au 25 janvier et des fortes pluies qui ont suivies (les 28 et 29 janvier 2024), le cumul des pluies mensuel varie dans le secteur sud de 411 mm (Pierrefond sur le littoral) à 2388 mm (Grand-Galet, proche du sommet de la planèze). Il s'agit de cumuls exceptionnellement excédentaires (140 % de la moyenne), qui sont également les plus élevés jamais mesurés en janvier. Les mois suivants en revanche, de février à juin, ont tous été déficitaires malgré quelques événements marquants (Tempête Eléonor du 20 au 24 février ; averses orageuses au mois de mars).

En janvier, la réponse piézométrique de la nappe a semblé se manifester en deux temps. Une première réponse rapide mais faible et une seconde plus tardive et qui s'est étalée sur environ 3 mois. Cette dernière correspondrait à une élévation de quasiment 2,7 mètres, puisqu'on est passé d'une piézométrie de +5,25 mNGR le 26 janvier 2024 à +6 mNGR le 04 février, +7 mNGR le 22 février et un maximum de +7,92 mNGR le 5 mai 2024. Cet étalement de la réponse de la nappe s'explique probablement par la taille de l'aire d'alimentation du forage. Les infiltrations proches auraient rapidement influencé la piézométrie du forage avec des élévations centimétriques dans les heures qui ont suivi les événements pluvieux (figure a1). Les infiltrations plus lointaines arriveraient plus progressivement, aussi le tout se cumulerait finalement au fil des semaines et des différents événements pluvieux, ne permettant finalement

plus de distinguer la contribution de chaque évènement. Le pic piézométrique est atteint quasiment 3 mois après le passage de Belal (figure a1) et pourrait être la conséquence de l'ensemble des évènements pluvieux du premier trimestre 2024.

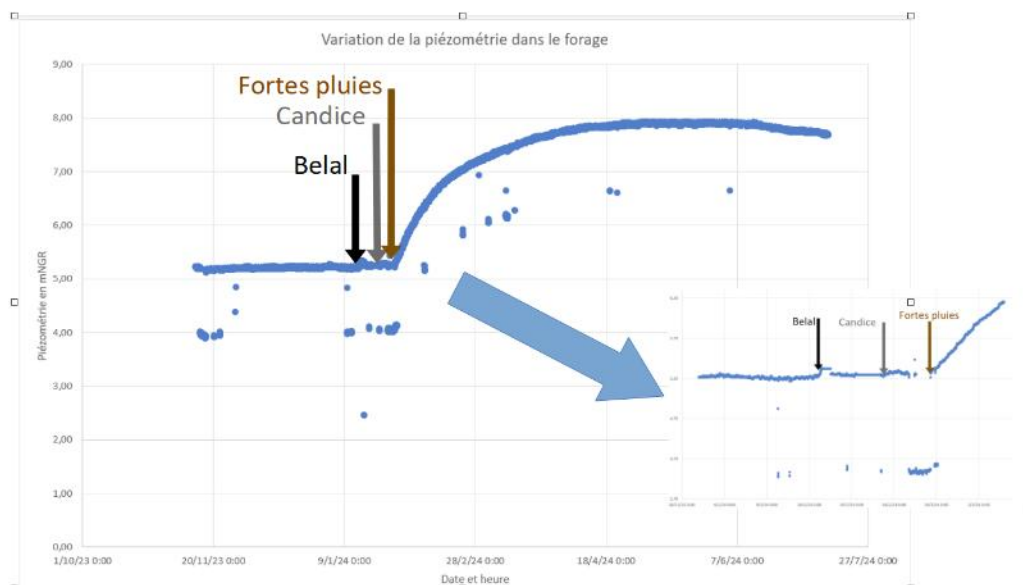


Figure a1 : Suivi de la piézométrie du Forage Ligne Paradis (données : Saphir)

On a par ailleurs constaté, des variations de la turbidité au cours de la saison des pluies (figure a2). Ainsi, elles semblaient peu marquées et décalées de 15 à 20 jours au début de la saison des pluies. En effet, après les évènements pluvieux de la seconde quinzaine du mois de janvier, la turbidité a dépassé 1 NTU entre le 5 et le 9 février (avec un maximum de 23 NTU le 8 février 2024). En revanche, on a noté une dégradation bien marquée de la turbidité (avec un maximum de 62 NTU), 3 jours après le passage de la tempête Eléonor du 23 au 27 février 2024. Enfin, après les averses orageuses du mois de mars (qui n'étaient pourtant pas exceptionnelles) on a noté une dégradation importante de la turbidité (53 NTU le 4 mars, 29 NTU le 10 mars).

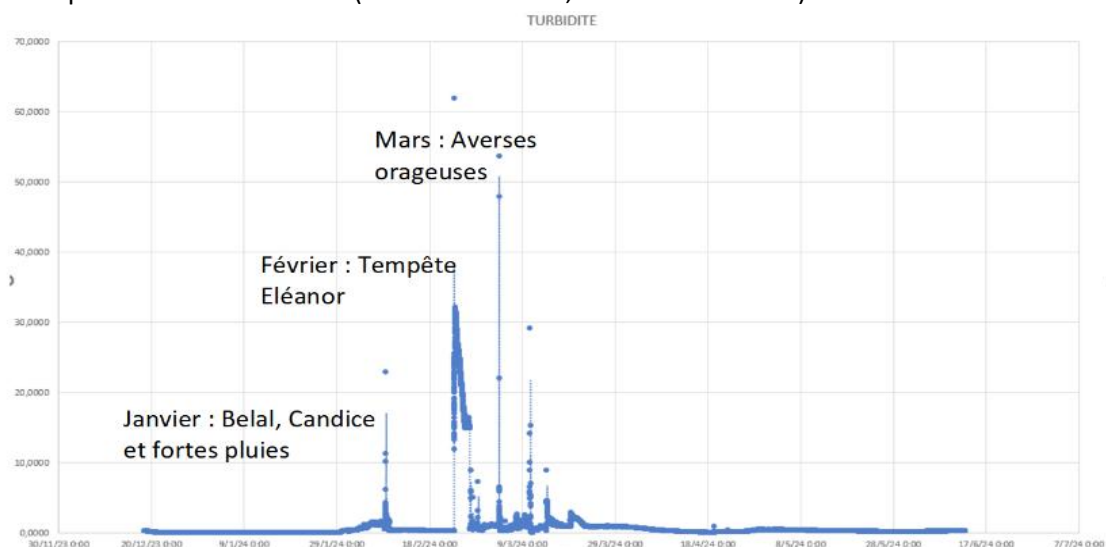


Figure a2 : Suivi de la turbidité du Forage Ligne Paradis (données : Saphir)

Une demande d'étude complémentaire a alors été faite au département afin d'apporter un éclairage aux questions soulevées par ces constats :

- positionnement inadéquat de la sonde de mesure de la turbidité ?
- mauvaise protection du forage induisant une entrée d'eau superficielle ?
- forte vulnérabilité en amont, dans la zone d'alimentation du forage ?

- échanges entre la nappe captée et la nappe plus vulnérable qui la surmonte ?
- autre situation ?

Artélia, dans sa réponse du 15 mai 2025 a indiqué que « Suite au constat de l'Entreprise, du Maitre d'oeuvre et du Maitre d'Ouvrage Mandaté, ces pics étaient liés à un dysfonctionnement de la sonde de turbidité lors de l'arrêt de la pompe de forage et au non-renouvellement de l'eau dans la platine d'analyse (dérives de mesure). En conséquence, il avait été demandé à l'Entreprise d'apporter des modifications sur le circuit de mesure de turbidité par la mise en place d'une lyre. Depuis cette modification, l'exploitant SAPHIR n'a constaté aucun défaut sur les mesures enregistrées ».

Artélia (mai 2025) a également précisé que « lors du passage du cyclone Garance le 28 février 2025 (avec un apport supérieur à la moyenne dans le secteur de la Plaine des Cafres et de Pont d'Yves, mais inférieur sur Pierrefonds et le Tampon) et des fortes pluies de mars 2025 (+220 à +290 % par rapport aux précipitations habituelles à Pierrefonds et Ligne Paradis, mais un apport moindre dans les hauts du sud), il est à noter qu'aucune anomalie n'est constatée qui pourrait être imputable à une introduction d'eau dans l'ouvrage (pas de remontée du niveau, pas de baisse de conductivité, ni pic de turbidité) ».

Cela est confirmé par le graphique ci-dessous, produit par le bureau d'étude, « représente les valeurs de turbidité et de précipitations (secteur Paradis) mesurées entre février et avril 2025 lors des épisodes pluvieux (passage du cyclone GARANCE le 28 février 2025 et fortes pluies post GARANCE principalement dans le sud de l'île durant la première quinzaine de mars 2025) ».

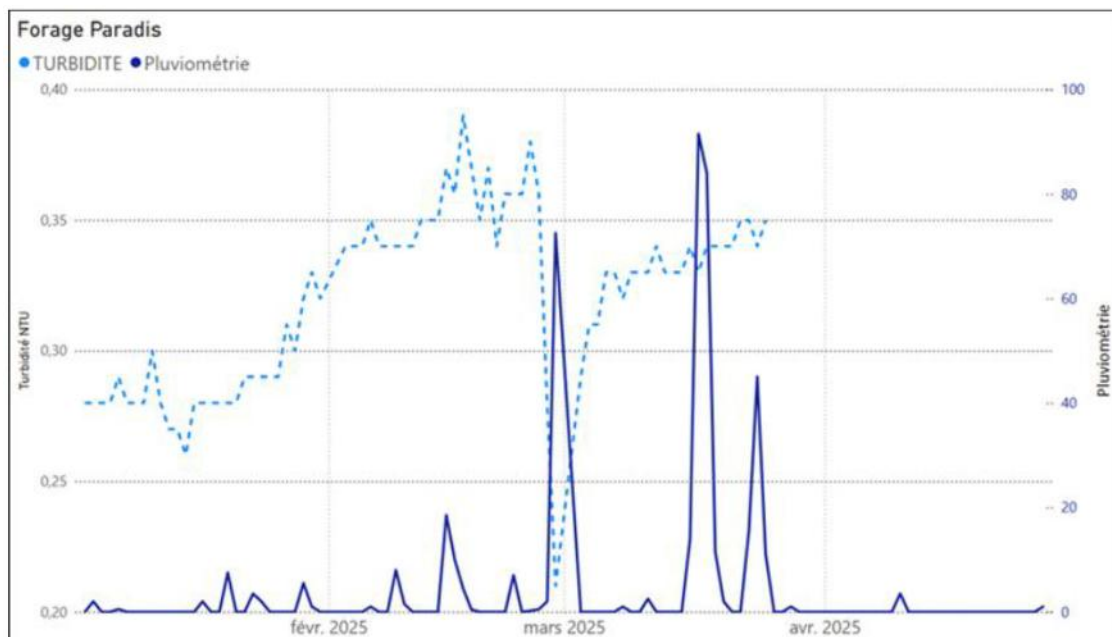


Figure a3 : Graphique des mesures de turbidité et pluviométrie entre février et avril 2025 (Artélia, 2025)

V.4. Bilan

La ressource captée est considérée comme assez peu vulnérable aux pollutions anthropiques dans l'environnement immédiat du forage. En effet, la zone dé-saturée est relativement épaisse au dessus de la nappe captée, qui est par ailleurs captive, donc surmontée de niveaux peu perméables. Le forage a été réalisé avec des moyens permettant d'isoler cette ressource des eaux d'infiltrations et les installations sont conçues afin d'évacuer les eaux de ruissellement de la parcelle, susceptibles d'affecter le forage. Néanmoins, un risque modéré d'inondation et de mouvements de terrains de la zone proche du forage est possible en période de fortes pluies et doit être pris en compte dans un contexte d'intensification des événements pluvieux et d'urbanisation des territoires.

De plus, faute de maillage piézométrique en amont de l'ouvrage, nous n'avons pas de certitudes au sujet de la

localisation et du fonctionnement hydrologique de sa zone d'alimentation. Toutefois, on note que l'activité agricole dans l'environnement proche et les zones urbanisées situées en amont sont susceptibles d'être à l'origine d'eaux de ruissellement et d'infiltrations de mauvaise qualité. Ainsi, dans l'environnement correspondant à sa zone d'alimentation potentielle, sa vulnérabilité ne peut pas être écarté en l'état actuel des connaissances.

Toutefois, les chroniques disponibles (piézométrie et turbidité), nous donnent une première idée de l'évolution de la qualité de l'eau captée au cours d'un cycle hydrologique (réponse hydrochimique de la nappe aux fortes pluies, pics de pollutions, etc.). Le bureau d'étude (Artélia 2025) n'a pas constaté de dégradation de la turbidité de l'eau imputable aux évènements pluvieux remarquables du premier trimestre 2025 ou a une introduction d'eau dans le forage. Nous savons donc que la piézométrie de l'ouvrage réagit de façon rapide, mais assez faible aux fortes pluies, et que la dégradation de la turbidité semble ne pas y être liée.

Par ailleurs, dans ce secteur, le risque de pollution de la nappe par le sel est réellement important et doit être pris en considération pour établir les modalités de son exploitation. Enfin, des moyens de détection des intrusions malveillantes et d'alerte sont prévus.

VI. Caractéristiques et qualité de l'eau du forage

Dans le cadre de la rédaction du rapport préalable à l'avis de l'hydrogéologue agréé, Mascareignes Géologie a exploité les deux analyses d'eaux disponibles (figure 34), afin de caractériser de la qualité des eaux de l'aquifère capté par le Forage Ligne Paradis. L'une a été réalisée le 03/12/2009 conformément à l'arrêté du 11 janvier 2007 ⁶ et la seconde le 22/11/2023 conformément à l'arrêté du 30 décembre 2022 portant sur l'ensemble des paramètres physico-chimiques, organoleptiques, bactériologiques, substances indésirables et toxiques. Les données provenant de mesures ponctuelles sur la période 2009-2023 ont également été exploitées.

Paramètres	Unité	03/12/2009	22/11/2023
		SADE / LDEHM	ARS /MICROLAB
		Analyse chimique	PPESOU
Température	°C	20,0	20,2
Conductivité	µS/cm	159	172
pH		8,3	8,1
Turbidité	NFU		0,22
Ca	mg/l		12
Mg	mg/l		7,9
Na ⁺	mg/l		7,8
K	mg/l		1,5
Mn ^{tot}	mg/l	< 0,005	< 0,02
Fe ^{tot}	mg/l	0,016	0,098
Al ^{tot}	mg/l		
TAC	°F		5,9
HCO3 ⁻	mg/l		72,2
Cl ⁻	mg/l	7,2	8,5
SO4 ⁻⁻	mg/l	3,1	4,2
NO3 ⁻	mg/l	10,1	14
NO2 ⁻	mg/l		< 0,05
P2O5	mg/l	0,03	0,066

Figure 34 : Composition chimique du Forage Ligne Paradis (Mascareignes Géologie, 2024)

La première, ayant été réalisée en décembre 2009, il était impératif d'actualiser ces résultats, aussi une nouvelle analyse d'eau a été réalisée le 22/11/2023. Sur la base de ces résultats (voir extrait, figure 34), Mascareignes Géologie considère cette eau comme étant bicarbonatée calcique et magnésienne. Ce faciès est courant sur l'île et se rencontre sur les pentes externes des deux massifs volcaniques (BRGM, 1990).

Une nouvelle analyse a été réalisée le 08 janvier 2025, dans le cadre d'une réponse apportée par Artélia à des questionnements de l'Hydrogéologue Agréé.

6 Version en vigueur au 1^{er} janvier 2023

VI.1. Paramètres physico-chimiques

VI.1.a. La température et pH.

Les mesures réalisées permettent de constater que l'eau du forage avait une température d'environ 20 °C lors des prélèvements. Le pH mesuré en 2009 était de 8,3, en 2023 il était de 8,1 et en 2025 de 8. Ce pH est globalement basique avec une moyenne de 8,13, ce qui n'est pas courant à La Réunion. Il ne s'agit pas ici d'une eau agressive, conforme à l'arrêté du 11 janvier 2007 ⁷ modifié par arrêté du 30 décembre 2022.

VI.1.b. La conductivité et la minéralisation.

Les mesures de conductivité de la nappe exploitée, effectuées entre 2009 et 2023, donnent des valeurs autour de 170 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (influence marine peu probable ou peu marquée). En effet, après équipement du forage, la conductivité mesurée lors du pompage de longue durée en 2009, s'est stabilisée entre 158 à 165 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cet ordre de grandeur a été confirmé par les mesures réalisées lors des essais par pompage de 2023 (172 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et de la mesure de 2025 (182 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

La minéralisation de cette eau peut donc être considérée comme moyenne ⁸. Si l'on considère le schéma d'évolution chimique des eaux souterraines de La Réunion (BRGM, 1990), cette conductivité situe l'eau exploitée parmi les eaux de minéralisation moyenne à « alimentation météorique » ayant eu un « temps de séjour » moyen ou long « dans l'encaissant ». Toutefois, selon l'arrêté du 11 janvier 2007 ⁹ modifié par arrêté du 30 décembre 2022, il s'agit ici d'une eau dont la conductivité est inférieure à 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C, qui peut donc être corrosive.

Le bureau d'étude indique dans son étude complémentaire (Artélia, 2025), que la conductivité des eaux pompées a peu varié entre 2023 et 2025. Il précise que « la courbe des enregistrements SAPHIR (figure 34b) montre que la conductivité s'est stabilisée autour de 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$ depuis janvier 2025 avec toutefois quelques valeurs plus élevées autour de 327 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et quelques valeurs plus faibles de 130 à 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ».

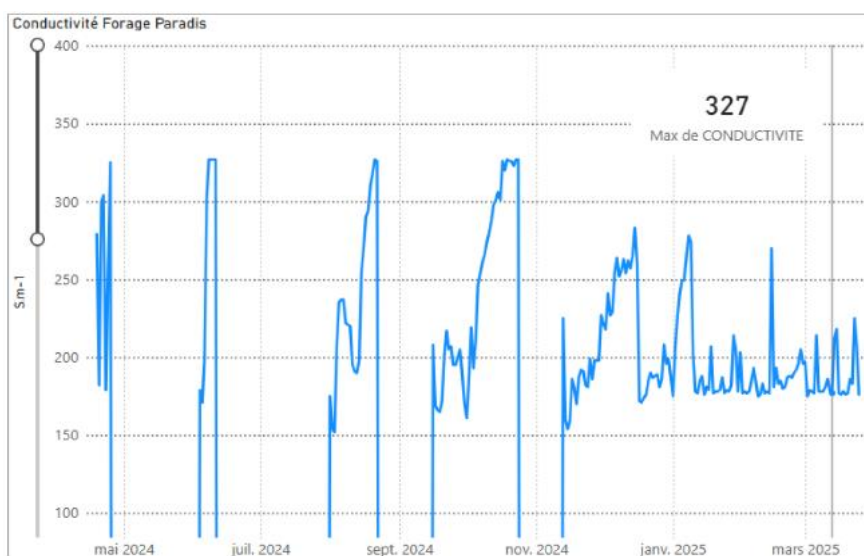


Figure 34 b : Conductivités enregistrées par la SAPHIR de mai 2024 à 2025 (Artélia, 2025)

Selon Artélia, « les valeurs très élevées $C > 300 \mu\text{S}/\text{cm}$ ont été relevées hors pompage en 2024 et ne sont pas représentatives ». En revanche, les valeurs inférieures à 170 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou élevées supérieures à 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sont cohérentes avec les valeurs des 5 logs de conductivité réalisés par l'OLE lorsque le forage était non exploité (cf. logs en annexe 5).

Ainsi, comme le relève Artélia, on peut constater qu'à l'état statique, dans la partie supérieure de la colonne d'eau

7 Version en vigueur au 1^{er} janvier 2023

8 Etat qualitatif des eaux d'émergence de La Réunion. Phase 1 : synthèse et analyse des données. BRGM, février 2011.

9 Version en vigueur au 1^{er} janvier 2023

non crépinée, la conductivité croît de 130 à 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec la profondeur. Au sommet de la partie crépinée (entre 218 et 228 m), la conductivité des eaux est supérieure à 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Il s'agit des eaux de la partie supérieure de l'aquifère capté, qui est plus minéralisée. Ensuite les valeurs de la conductivité diminuent. Les valeurs de 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ correspondent donc aux eaux profondes du forage, c'est à dire à la partie inférieure de l'aquifère capté.

Par conséquent, d'après le bureau d'étude, ces éléments confirment que les eaux du forage sont un mélange d'eaux de minéralisation différentes. Les valeurs épisodiques de 130 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et de 240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ visibles sur les enregistrements SAPHIR, lors du démarrage des pompes, correspondent aux eaux accumulées dans la partie non crépinée de la colonne du forage.

VI.1.c. Le rapport Cl/Na et l'influence marine

Pour l'analyse de novembre 2023, la concentration en chlorure est de 8,5 mg/L et 8,1 mg/L en 2025. En 2009 elle a été mesurée à 7,2 mg/L. Bien que ces deux mesures semblent indiquer une augmentation, la teneur en chlorure reste largement inférieure à la limite de qualité fixée à 250 mg/L (Arrêté du 11 janvier 2007 ¹⁰ modifié par arrêté du 30 décembre 2022). De même la teneur en sodium (7,8 mg/L en 2023 et 8,1 mg/L en 2025) est très faible comparé à la limite de 200 mg/L fixée par la réglementation.

Toutefois, le rapport Cl/Na en 2023 est de 1,09. Ce rapport, dont la valeur est proche de 1 et égal à 1 en 2025, confirme que cette eau de la nappe de base subit une influence marine (BRGM, 2011¹¹). Ce rapport serait compris entre 2 et 3 pour une eau de pluie. Par conséquent, étant donné le contexte de forte sensibilité à la pollution marine, (cf. paragraphe III.3.f), il paraît important de suivre de près l'évolution de l'influence marine pour cette ressource.

VI.1.d. La turbidité

La mesure de turbidité de novembre 2023 donne une valeur de 0,22 et celle réalisée en janvier 2025 (Artélia, 2025) une valeur de 0,33 NFU. Elle est nettement inférieure à la limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine, fixée à 1 NTU (arrêté du 11 janvier 2007 ¹² modifié par arrêté du 30 décembre 2022).

La turbidité moyenne mesurée en continu par la SAPHIR sur la période de mai 2024 à mars 2025 est de 0,20 NTU (cf. figure 34c).

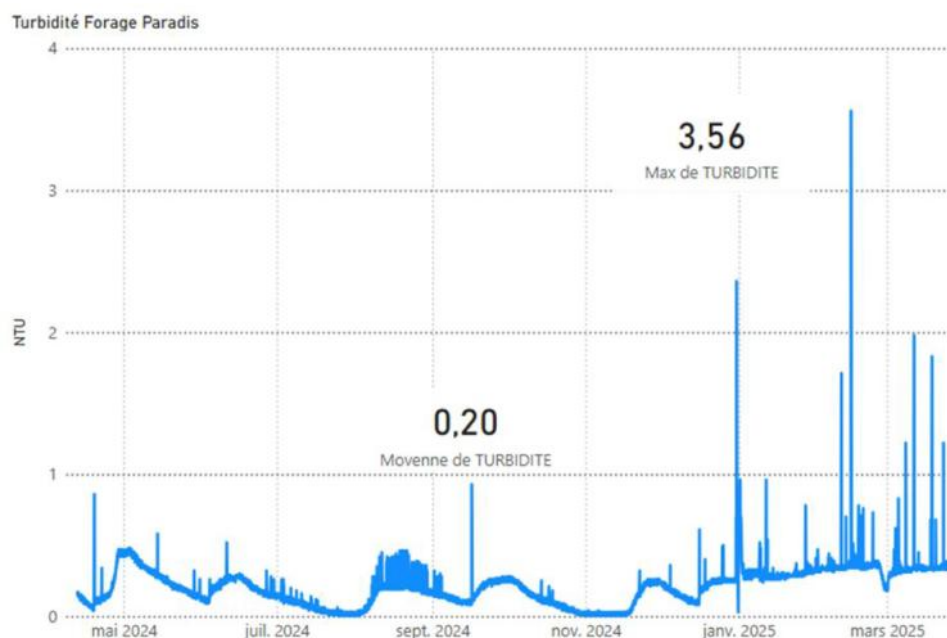


Figure 34 c : Turbidité des eaux du forage Ligne Paradis de mai 2024 à mars 2025 (Artélia, 2025)

10 Version en vigueur au 1^{er} janvier 2023

11 État qualitatif des eaux d'urgences de La Réunion. Phase 1 : synthèse et analyse des données. BRGM, 2011.

12 Version en vigueur au 1^{er} janvier 2023

Artélia signale que les valeurs des pics de turbidité sont de moins de moins élevés, avec un maximum de 3,56 NTU observé le 14/02/2025. En effet, le pic de turbidité était de 23 NTU le 8 février 2024, de 62 NTU fin février 2024 (voir figure a2, du paragraphe V.4), de 53 NTU le 4 mars 2024, de 29 NTU le 10 mars.

De plus, le bureau d'étude relève que la durée des épisodes à turbidité élevée > 0,5 NTU est très courte depuis janvier 2025 (date de la mise en exploitation continue du forage), de l'ordre de 1 h en janvier et février et de moins de 5 mn en mars. Il semble que ces pics apparaissent à la reprise des pompages après plusieurs jours d'arrêt (cf. figure 34d ci-après).

Date	Turbidité	Durée > 1NFU	Durée > 0,5NFU	Débits	Conductivité $\mu\text{s/cm}$
31/12/2024	2,36	2h20 à 3h30 soit 1h10	Intermittents jusqu'à 02/01 à 0h30	Pompages intermittents Début des pompages	Pas de pic de conductivité C = 172 $\mu\text{s/cm}$
14/02/2025	3,56	16h10 à 17 h00 soit 50mn	16h10 à 17 h25 Soit 1h15	Reprise après arrêt 3j et 9h Démarrage pompe à 16h05 NS de +6,5 à 5,23	130 $\mu\text{s/cm}$ à l'arrêt le 13/02 Au démarrage, arrivée d'eau à 240 puis stabilisation à 180
11/03/2025	1,98	18h20 1 valeur	<5mn	Reprise à 18h20 pompage après 3j d'arrêt	Pas de pic de conductivité C = 177 $\mu\text{s/cm}$
18/03/2025	1,83	22h05 1 valeur	<5mn	Reprise à 22h05 après 2 jrs d'arrêt	Pas de pic conductivité C = 175 $\mu\text{s/cm}$
23/03/2025	1,22	11h20 1 valeur	<5mn	Reprise pompage à 22h05 après 3 jrs d'arrêt	Valeur faible de 138 $\mu\text{s/cm}$

Figure 34 d : Caractérisation des pics de turbidité observés sur le forage Ligne Paradis (Artélia, 2025)

VI.1.e. Les paramètres azotés : nitrites et nitrates

Dans l'analyse d'eau de novembre 2023, où elle apparaît, la teneur en nitrites peut être considérée comme nulle (<0,05). Cependant, si l'on s'intéresse à la teneur en **nitrates**, on constate que les eaux du forage Ligne Paradis en contenaient 10,1 mg/L lors de l'analyse de décembre en 2009 et 14 mg/L en novembre 2023. Bien que la limite de qualité des eaux de l'arrêté du 11 janvier 2007 ¹³ modifié par arrêté du 30 décembre 2022 soit fixée à 50 mg/L, ces valeurs peuvent être considérées comme bien supérieures aux valeurs naturelles habituelle à La Réunion et confirment une pollution anthropique. **Il y a donc visiblement une contamination fécale d'origine agricole et/ou urbaine** (probablement liée à l'activité agricole passée et actuelle, mais également à l'assainissement autonome et à des défauts des réseaux d'évacuation des eaux usées).

D'ailleurs, il semble y avoir une dégradation de la qualité de l'eau, caractérisée par une augmentation des concentrations en nitrates de 38 % en 13 ans (de 2009 à 2023). Faute de suivi, on ne sait cependant rien des éventuelles fluctuations annuelles des concentrations. **Il faudra donc porter une attention particulière à l'évolution des concentrations en nitrates des eaux du forage Ligne Paradis dans le temps.**

13 Version en vigueur au 1^{er} janvier 2023

VI.2. Produits phytosanitaires

VI.2.a. Les pesticides

Que nous apprend le suivi des nappes du Sud par l'Office de l'Eau ?

Nous ne disposons pas d'un suivi qualitatif du forage Ligne Paradis. Nous nous intéresserons donc au suivi réalisé par l'Office de l'Eau concernant les forages du secteur Sud de l'île, proches du forage Ligne Paradis. On peut alors constater, que parmi toutes les stations du sud, ce sont les ouvrages proches du forage Ligne Paradis (F5 La Salette, Fredeline et Rivière d'Abord à Saint-Pierre) qui affichent le plus grand nombre de quantifications indiquant une pollution par des pesticides (figure 35). L'Office de l'Eau indique d'ailleurs, qu'il y en a eue, pour le forage La Salette, « 16 en 2020, 31 en 2021 et 23 en 2022 ».

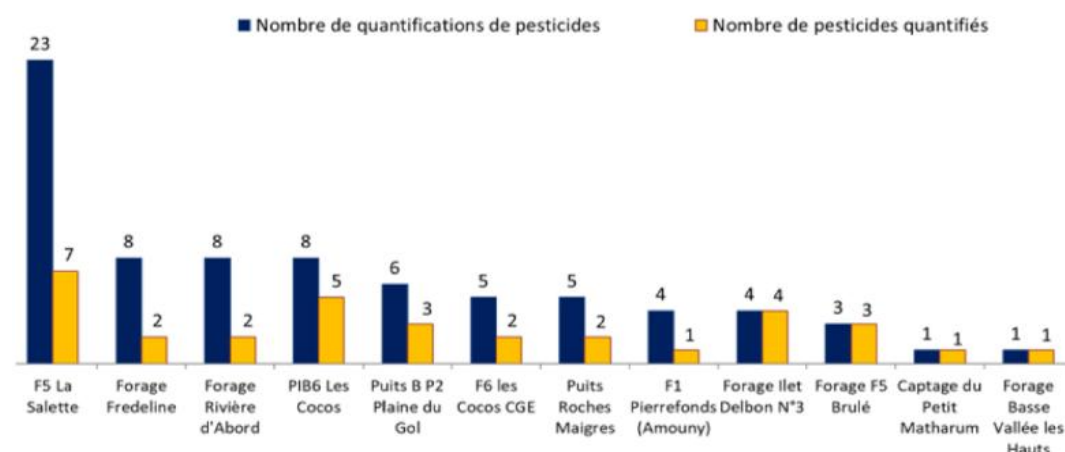


Figure 35 : Nombre de quantification de pesticides dans les nappes du Sud de la Réunion (Office de l'eau, 2024)

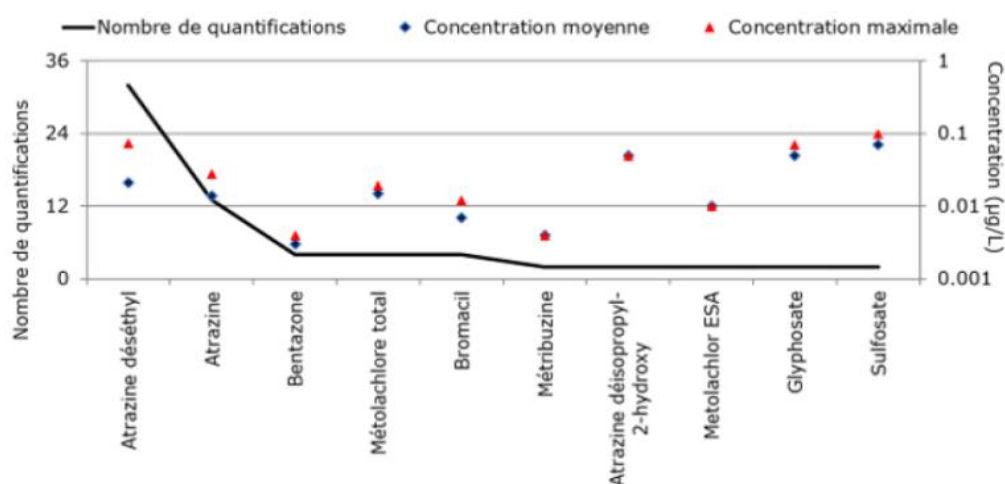


Figure 36 : Nature des pesticides quantifiés dans les nappes du Sud de la Réunion en 2022 (Office de l'eau, 2024)

L'Office de l'Eau précise (figure 36) que la molécule la plus souvent quantifiée dans les nappes du Sud est l'atrazine déséthyl (30 quantifications en 2020, 32 en 2021 et en 2022). L'atrazine déséthyl est un métabolite d'une molécule herbicide, l'atrazine, « qui arrive elle même en deuxième position avec 13 quantifications en 2020, 2021 et 2022 ». Cette même molécule avait déjà été identifiée dans l'eau des forages Salette (F5, F5bis et F5 ter) situés en aval hydraulique du Forage Ligne Paradis, dont le bassin d'alimentation a fait l'objet d'une étude du BRGM en 2011¹⁴.

L'atrazine agit en bloquant la photosynthèse. Cette molécule a donc principalement été utilisée comme désherbant en France jusqu'en 2001, date de son interdiction. En effet, l'atrazine est classé comme « produit nocif » pour l'homme. D'après le rapport de OPECST1, « les risques d'effets graves apparaissent en cas d'exposition prolongée par

¹⁴ attention toutefois, ces forage exploitent peut-être une nappe libre alors que Ligne Paradis exploite une nappe captive

ingestion. La dose journalière acceptable est de 40 µg/kilo de poids corporel. Mais, aujourd'hui, les inquiétudes viennent moins de la molécule que de son métabolite, l'atrazine Déséthyl ou DEA, considéré comme plus toxique que la molécule mère. L'atrazine Déséthyl résultant de la dégradation partielle de l'atrazine dans le sol.

Que montrent les deux analyses d'eau du Forage Ligne Paradis ?

Dans ce contexte, la première analyse d'eau réalisée dans le forage Ligne Paradis (en décembre 2009), confirmait l'existence de traces d'herbicides (présence d'Atrazine et 0,020 µg/L d'Atrazine déséthyl). Le rapport atrazine déséthyl/atrazine supérieur à 1 (que l'on peut constater dans l'eau du forage) est l'indicateur d'une pollution diffuse pendant laquelle la molécule de base s'est transformée. La détection de ces produits phytosanitaires, indiquent qu'il y a eu un impact des activités agricoles sur la qualité des eaux souterraines exploitées par le forage. Néanmoins, bien que la présence de ce pesticide dans une nappe est le signe d'une pollution profonde et durable (source OPECST, 2003), dans la dernière analyse d'eau du forage Ligne Paradis de novembre 2023, toutes les valeurs des pesticides recherchés restent très inférieures à la limite de qualité. D'ailleurs, d'après l'Office de l'Eau, « dans les nappes, à fréquence d'analyse constante, une légère diminution des quantifications de pesticides est observée ».

VI.2.b. Les micro-polluants organiques et micro polluants émergents

Que nous apprend le suivi des nappes du Sud par l'Office de l'Eau ?

Toujours d'après l'Office de l'Eau, « une hausse des quantifications est constatée pour les autres micro-polluants organiques et les substances émergentes ». Ainsi, parmi les 15 stations suivies (à une fréquence trimestrielle) dans le secteur Sud de l'île en 2022, « des micro-polluants organiques ont été quantifiés sur toutes les stations en 2022 ». Le graphique ci-dessous montre le nombre de quantifications de micro-polluants organiques par station à l'échelle annuelle.

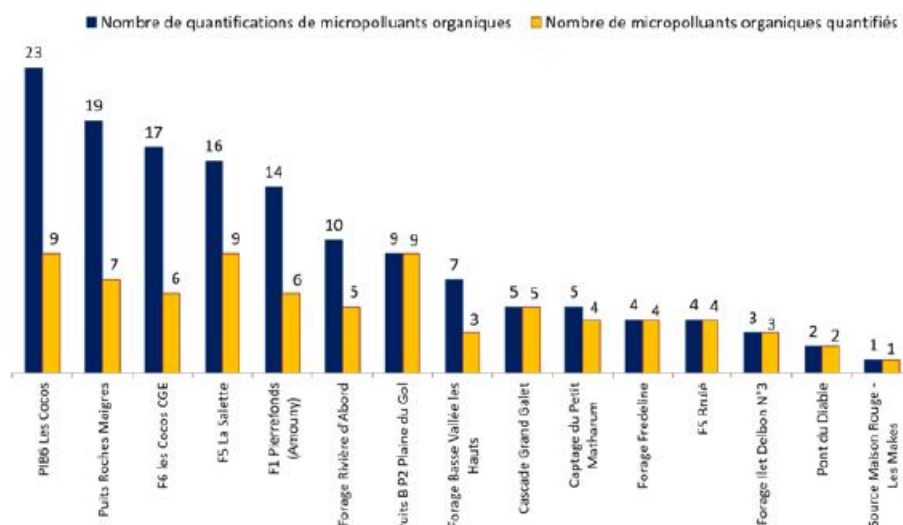


Figure 36 : Identification des stations concernées par une pollution par des micro-polluants organiques dans les nappes du Sud de la Réunion en 2022 (Office de l'eau, 2024)

Le Forage PIB6 Les Cocos, qui semble le plus vulnérable, « cumule le plus grand nombre de quantifications » en 2022 (23 quantifications pour 9 substances différentes). Sur l'ensemble du secteur Sud, « 139 quantifications sont observées » en 2022 contre 133 en 2021. Notons que « comme pour les cours d'eau, la molécule la plus souvent quantifiée est le sulfonate de perfluorooctane » (PFOS) avec 28 quantifications en 2022, contre 18 en 2021 (Source Office de l'eau, chroniques n°137).

La progression du nombre de quantifications est également observée pour les micro-polluants émergents, par l'Office de l'Eau.

Que montrent les deux analyses d'eau du Forage Ligne Paradis ?

La mesure du sulfonate de perfluorooctane (molécule la plus abondante retrouvée dans le secteur sud) est cependant inférieure 0,1 µg/L dans l'eau du forage en novembre 2023, ce qui est conforme à la limite de qualité des eaux fixée à 0,1 µg/L pour ce paramètre. **Mais il faut être vigilant puisque ce même seuil de 0,1 µg/L est fixé pour la somme totale des substances alkylées per et poly fluorées retrouvée dans l'eau. En revanche la limite fixée pour les eaux brutes est de 2 µg/L.**

VI.3. Paramètres microbiologiques

VI.3.a Les bactéries coliformes et limite de qualité

Les résultats des deux analyses d'eau disponibles, montrent qu'il n'y a pas de contaminations bactériennes du forage par *Escherichia coli* ou les Entérocoques.

Artélia (Artélia, 2025) indique que l'analyse bactériologique réalisée par ARS/MICROLAB le 08 janvier 2025 n'a pas non plus décelé d'indice de contaminations bactériennes (absence d'*Escherichia coli*, d'Entérocoques) et n'amène pas de commentaires du laboratoire.

*VI.3.b Les *Pseudomonas aeruginosa**

Les bactéries *Pseudomonas* n'ont pas été contrôlées le 08 janvier 2025 (Artélia, 2025). Elles ne sont pas recherchées dans le suivi ARS. Elles avaient toutefois été décelées dans le prélèvement du 22 novembre 2023 (à raison de 80 nombre pour 250mL), effectué lors de la mise en place des équipements du forage, et après les travaux de régénération par brossage et air lift de janvier 2023 (voir le paragraphe II.2.c).

Y a-t'il une limite de qualité associée à ces bactéries ?

D'après l'ANSES il n'existait en 2010 « aucune valeur réglementaire relative aux *Pseudomonas* spp. et à *P. aeruginosa* dans les eaux destinées à la consommation humaine non conditionnées ». Il n'y en a pas non plus en 2024. Toutefois cette valeur dépasse la limite de qualité pour les eaux conditionnées (arrêté du 14 mars 2007 modifié par l'arrêté du 10 janvier 2023).

Quels sont les risques pour la santé ?

Selon un rapport de l'ANSES évaluant les « risques sanitaires liés à l'exposition par ingestion de *Pseudomonas* dans les eaux destinées à la consommation humaine » (Anses, 2010), les bactéries *Pseudomonas aeruginosa* ont une forte capacité à « se développer dans les biofilms et à résister à de nombreuses substances actives dont des biocides lui confèrent un fort potentiel de colonisation des surfaces humides ». Elle est donc logiquement « associée aux canalisations de nature variée constituant les réseaux d'eaux de distribution publique ». Ce rapport ajoute que « l'Homme est exposé aux *Pseudomonas* via différentes sources tels que l'eau de distribution publique, les eaux conditionnées, les eaux récréatives ou les aliments ». Dans ce rapport, l'ANSES indique enfin que « il n'existe aucune preuve que l'usage normal d'eau de boisson contaminée par *Pseudomonas aeruginosa* puisse être source d'infection dans la population générale par voie orale. ». Mais « **en cas d'immunodépression ou de cumul de facteurs de risque (antibiothérapie et immunodépression), le risque ne peut être estimé. Néanmoins, des éléments suggèrent qu'il existe et que dans ces cas particuliers de cumul de facteurs de risques, il peut être élevé** ».

Comment traiter l'ouvrage pour contrôler sa prolifération ?

Mascareignes Géologie indique que ce type de contamination est fréquemment rencontré lors de la mise en service des ouvrages. Le forage Ligne Paradis a donc fait l'objet de travaux de régénération par brossage et air lift en janvier 2023 et a été récemment équipé. Ainsi, cette présence de bactéries *Pseudomonas* confirme que l'ouvrage, qui prélève des eaux profondes (entre 221 m et 260 m de profondeur), est sensible à ce type de contamination. Le bureau d'étude signale d'ailleurs « que la colonne d'eau dans le forage est non renouvelée entre 189 m et 221 m au droit du tube acier plein, soit sur 32 m de hauteur ». On peut en déduire que, « cette tranche d'eau est exposée à une forte activité bactérienne due à la stagnation de l'eau et au fait qu'elle récupère toutes les impuretés qui se

forment dans la colonne acier hors d'eau (189 m linéaires) ». Cela est d'ailleurs confirmé par les passages de caméra de 2021 et 2023, ainsi que par le prélèvement de 2016.

Pour mémoire, le volume d'eau non naturellement renouvelé dans le forage (tranche d'eau stagnante) est de 3,2 m³. L'aspiration de la pompe a été placée à 198 m, dans cette zone d'eau non renouvelée.

Cependant, selon l'ANSES, « il semble que l'ozone soit plus efficace que le chlore et que les doses résiduelles de chlore couramment retrouvées dans les réseaux ne permettent pas de lutter contre la contamination liée aux biofilms ».

Toutefois, une vidange régulière de la colonne d'eau sera réalisée. Un contrôle de sa qualité précédera toute mise en service et un curage sera alors réalisé si cela s'avère nécessaire.

VI.4. Bilan

Globalement, compte tenu des analyses qui nous ont été fournies, l'eau prélevée au niveau du forage Ligne Paradis est une **eau potable de bonne qualité**. Elle peut être consommée sans traitement, car elle respecte les limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine définies dans l'Arrêté du 11 janvier 2007 (version en vigueur au 1^{er} janvier 2023).

Toutefois, la présence de **Pseudomonas aeruginosa (dans le prélèvement du 22 novembre 2023) au delà de la limite de qualité pour les eaux conditionnées**, fixée par l'arrêté du 14 mars 2007 modifié par l'arrêté du 10 janvier 2023, rend cette eau impropre au conditionnement. L'ANSES indique que « la présence de Pseudomonades dont P. aeruginosa dans l'eau de distribution publique est liée à leur tropisme naturel pour les milieux hydriques mais aussi à la colonisation de réseaux privés en cas de configuration favorisant la stagnation prolongée de l'eau ».

Il est important de préciser ici que nous ne disposons que de trois analyses d'eau, ce qui ne donne qu'une vision ponctuelle de la qualité de cette eau. En effet, faute de suivi régulier sur le temps long, nous connaissons mal le comportement de cette nappe au cours d'un cycle hydrologique. Toutefois nous avons vu que les variations des paramètres physico-chimiques enregistrées par la SAPHIR sont liées aux conditions de pompage du forage, notamment aux périodes d'arrêt de la pompe :

- Le forage est neuf avec des phénomènes de développement qui perdurent ;
- La colonne comprend une zone d'eau dormante, non renouvelée en période d'arrêt. Durant ces périodes d'arrêt, une stratification chimique apparaît et des particules très fines peuvent flotter dans la colonne.

Les variations observées de décembre 2024 à mars 2025 ne sont pas liées à l'introduction d'eau dans l'ouvrage depuis la surface ou depuis la colonne cimentée.

Compte tenu de la configuration du forage, il est recommandé de procéder à une vidange de cette colonne d'eau après les périodes d'arrêt de la pompe. Ce temps de vidange sera adapté au temps d'arrêt de la pompe, avec des séquences d'arrêt/démarrage. Il sera conduit jusqu'à stabilisation des paramètres Conductivité/Température/pH et jusqu'à une turbidité inférieure à 0,5 NTU.

Afin de limiter le développement de cette bactérie et de son impact sur la turbidité de l'eau, il serait souhaitable :

- d'utiliser régulièrement le forage Ligne Paradis, afin d'éviter une trop longue stagnation des eaux,
- de procéder à des contrôles annuels du développement bactérien, en particulier avant sa remise en service à la suite d'un arrêt prolongé
- d'éliminer les éventuels développements bactériens par un nettoyage de la colonne d'eau.

L'ensemble de ces données confirment une **vulnérabilité de la ressource vis-à-vis de pollutions de surface (nitrates et pesticides notamment) générées dans l'environnement anthropisé de la zone d'alimentation de l'ouvrage**. mais également une **vulnérabilité probable vis à vis des intrusions salines**.

VII. Le dispositif de traitement de l'eau

Les eaux du réseau d'irrigation du Bras de La Plaine, comme celles du réseau du Bras de Cilaos, sont des eaux brutes non traitées. Ainsi, les eaux souterraines prélevées dans les puits et forages ne subissent aucun traitement avant leur insertion dans le réseau d'irrigation. « Pour les eaux des captages des Bras de Cilaos, l'exploitant arrête les prélèvements dès que le seuil de turbidité de 5 NTU pour les crues est dépassé et environ 15 NTU pour les cas de crise ». Toutefois, les eaux superficielles du Bras de La Plaine sont pré-traitées sur le site de Dassy « afin d'abaisser le niveau de turbidité de 150 NTU à 10 NTU pour un débit de 500 l/s (1 800 m³/h) » (source Mascareigne Géologie, 2024).

Pour l'alimentation en eau potable des population, le Département fournit de l'eau brute aux communes. Celles ci ont la responsabilité d'y appliquer un traitement de potabilisation avant la mise en distribution (cf. article 7 – Modalités de traitement de l'Eau – Arrêté n°2014 – 4099/SG/DRCTCV du 01 août 2014 relatif au prélèvement du Bras de La Plaine). Les eaux du forage Ligne Paradis seront mélangées à ces eaux brutes et subiront par conséquent un traitement de potabilisation.

Avis de l'hydrogéologue agréé

Compte tenu des dernières analyses d'eau disponibles (2023 et 2025), il apparaît que le forage Ligne Paradis produit une eau potable de bonne qualité (arrêté du 11 janvier 2007 ¹⁵ modifié par arrêté du 30 décembre 2022). Toutefois, on constate des variations de qualité, imputables aux périodes d'arrêt de la pompe.

Afin de protéger cette ressource importante, car contribuant à sécuriser l'alimentation en eau potable du secteur sud de l'île (dont les besoins sont croissants), nous proposons : (1) de créer un PPR comprenant deux zones distinctes (une zone A agricole et une zone B partiellement urbanisée située en amont), (2) de créer une ZSR permettant d'agir plus efficacement sur les sources de pollutions potentielles situées à l'amont du PPR et susceptibles d'être mobilisées lors des crues des ravines existantes au sein de l'aire d'alimentation de l'ouvrage, (3) de vidanger et/ou nettoyer régulièrement l'ouvrage afin de réduire la prolifération de micro-organisme et (4) de surveiller la chimie de l'eau afin de limiter le risque d'intrusion saline et connaître l'évolution de sa qualité, sur le temps long, mais également à la suite des fortes pluies.

A. Proposition de périmètres de protection

A.1 Le Périmètre de Protection Immédiate (PPI)

A.1.a Limites proposées

Le PPI doit s'étendre sur une aire d'une dizaine de mètres de rayon, au minimum, autour de la tête du forage. Bien que la parcelle clôturée de la station Ligne Paradis ait des dimensions acceptables, nous souhaitons que la présence d'un forage, exploité pour l'alimentation humaine en eau potable, soit clairement matérialisée. Cela permettra notamment de renforcer sa protection, en particulier vis à vis des eaux de ruissellement et des activités associées à l'exploitation et l'entretien de la station Ligne Paradis. Par conséquent, un PPI d'au moins une dizaine de mètres de rayon sera établi autour du Forage Ligne Paradis. Ce dernier devrait se trouver hors de la Zone R2 du PPRN de Saint-Pierre (voir figure 34).

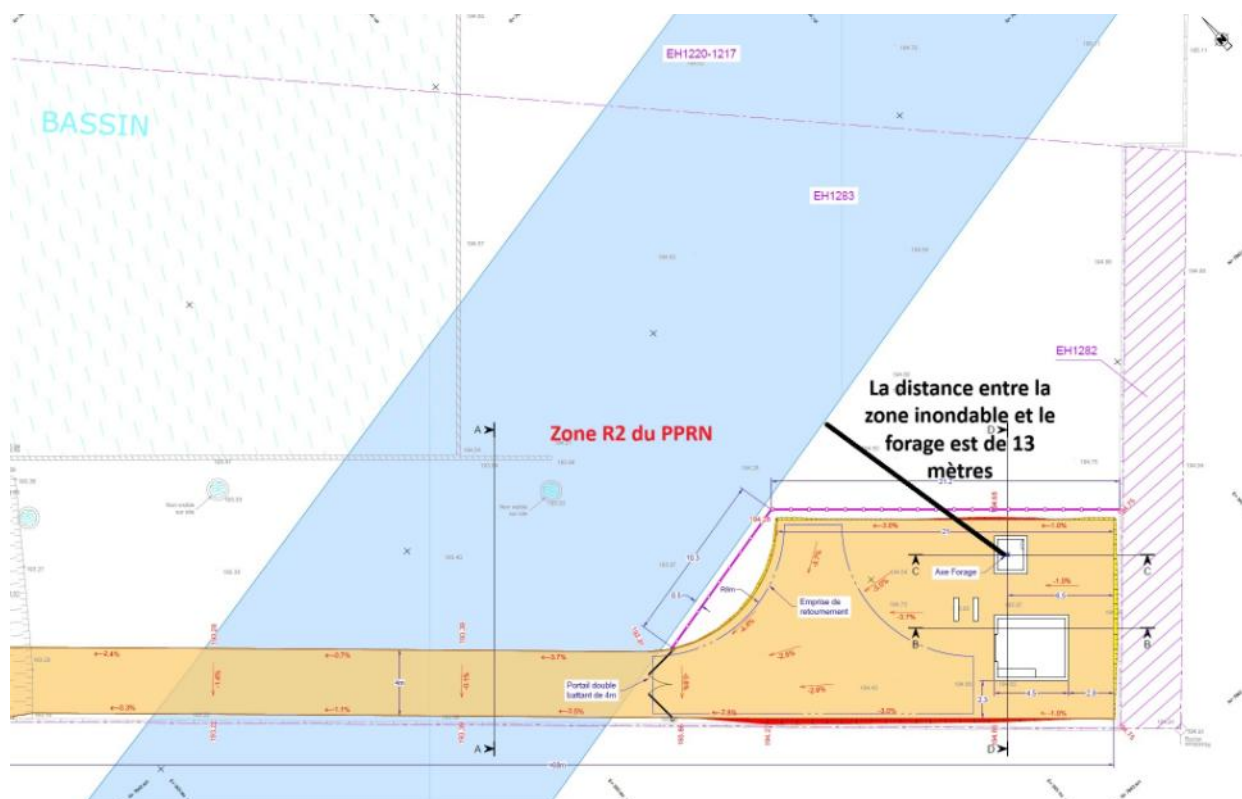


Figure 34 : Installations du Forage Ligne Paradis, localisées par rapport à la Zone R2 du PPRN en bleu

15 Version en vigueur au 1^{er} janvier 2023

A.1.b Les aménagements du Périmètre de Protection Immédiate

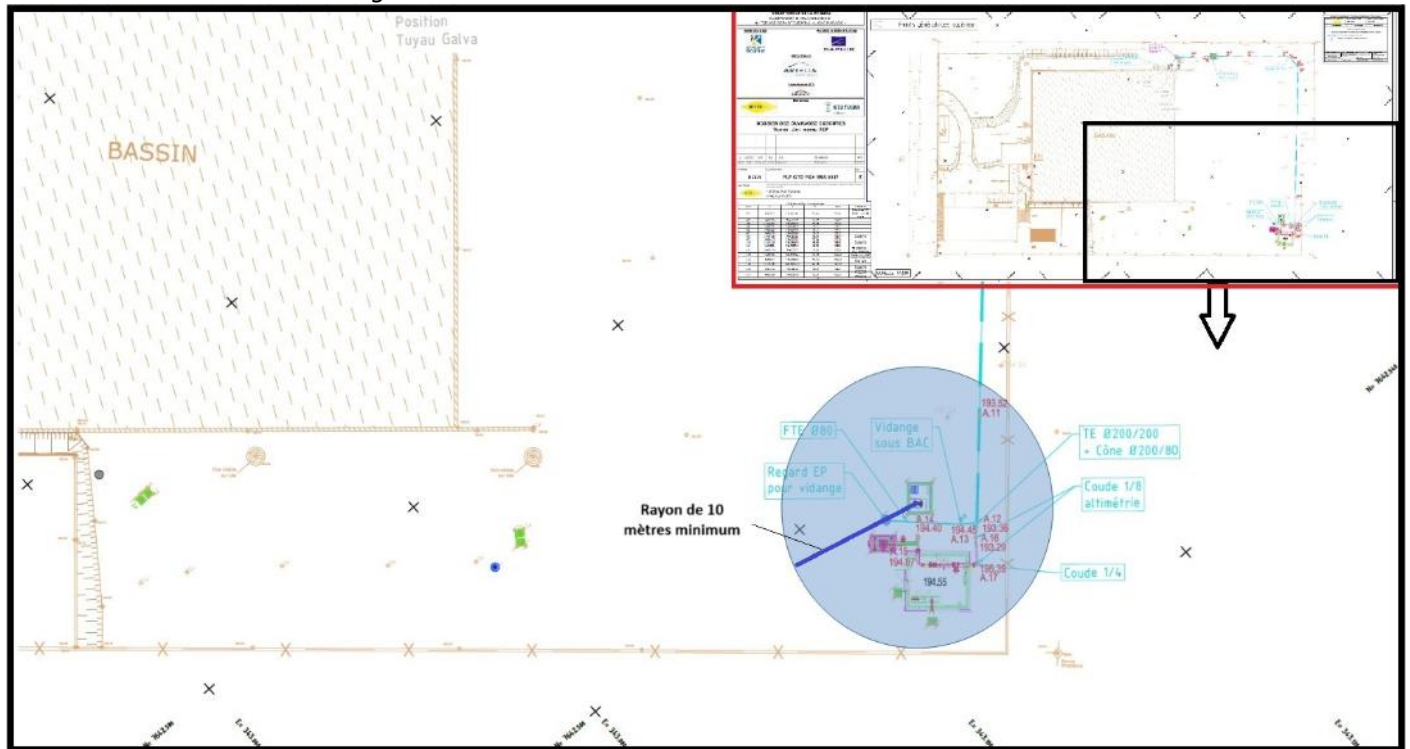


Figure 35 : PPI du Forage Ligne Paradis en bleu, localisé sur la vue en plan de la station Ligne Paradis

Le PPI a pour objectif d'assurer une protection matérielle efficace du point de prélèvement. Il sera clôturé (mur ou clôture) à 10 mètres minimum tout autour de la tête du forage. Cette clôture doit avoir une hauteur de 2 mètres minimum (non franchissable). Le portail d'accès à ce PPI sera équipé d'un dispositif anti-effraction. Un affichage de la restriction d'accès au PPI sera affiché sur son portail. Sa clôture doit comporter un soubassement en dur de 1,5 mètre de hauteur minimum destiné à éviter l'intrusion des eaux de ruissellement issues de la partie amont et capable de résister à une inondation du secteur liée aux fortes pluies ou à une importante détérioration du réservoir Ligne Paradis. Ce soubassement devra être régulièrement contrôlé et réparé. Aussi, un contrôle annuel et les réparations éventuellement nécessaires seront effectuées avant la saison cyclonique.

La topographie du terrain devra permettre l'écoulement des eaux de ruissellement. L'imperméabilisation du terrain n'est pas nécessaire, mais il ne faut pas que de l'eau puisse stagner dans le PPI sous forme de flaque, ceci afin de réduire au maximum les infiltrations à proximité du forage. Les eaux de ruissellement collectées sur ce périmètre devront être évacuées en dehors et en aval du périmètre.

À l'intérieur du périmètre de protection immédiate, toutes activités, installations ou dépôts sont interdits, à l'exception de ceux en liaison directe avec l'exploitation du forage. Ainsi, l'implantation d'une Unité de Traitement de l'Eau Potable (UTEP) est autorisée.

Tous les équipements susceptibles d'engendrer une pollution doivent disposer d'une aire de rétention (installation de chloration et tout appareil utilisant des produits potentiellement polluants). Si des fluides polluants sont utilisés (huiles, kérosènes, produits chimiques, etc.), une cuve de rétention d'un volume d'au moins 1,5 fois supérieur au volume total de l'ensemble des fluides sera nécessairement réalisée.

Le Réservoir Ligne Paradis étant proche et situé légèrement en amont hydraulique, à l'ouest du forage, des aménagements seront réalisés pour compléter, si nécessaire, ceux existants, afin de protéger le forage des ruissellements potentiellement générés par sa détérioration (chenaux, margelles, etc.). Les eaux récoltées devront être rejetées en aval hydraulique du PPI.

Si une UTEP devait être implantée dans le PPI, elle serait installée de préférence en aval hydraulique du forage et des

aménagements seraient réalisés pour protéger le forage des ruissellements potentiellement générés par sa détérioration (chenaux, margelles, etc.). Les eaux récoltées devraient être rejetées en aval hydraulique du PPI.

Pour l'entretien de ce périmètre, aucun désherbant chimique ne doit être employé.

Les déchets éventuellement jetés au sein du PPI devront être enlevés et acheminés dans des décharges publiques. Des panneaux indiquant l'interdiction des dépôts sauvages devront alors être installés aux emplacements des anciens dépôts sauvages (panneaux mentionnant les amendes encourues par les contrevenants). Par ailleurs, un contrôle et un enlèvement si nécessaire de tout déchet devra être effectué à minima deux fois par an (entre autres avant la saison cyclonique).

Des panneaux mentionneront l'interdiction d'accès et les amendes encourues par les contrevenants.

A.2. Les Périmètres de Protection Rapprochée (PPR)

Le périmètre de protection rapprochée doit protéger efficacement le forage vis-à-vis de la migration souterraine de substances polluantes. Son étendue est définie en tenant compte des vitesses et directions d'écoulement des eaux souterraines, de la vulnérabilité du milieu et des pollutions potentielles de nature chimique ou bactérienne. À l'intérieur de ce périmètre, les activités peuvent être interdites ou réglementées.

Le temps nécessaire à l'élimination d'une pollution bactériologique est de l'ordre de 50 jours. Ces 50 jours donnent aussi au maître d'ouvrage un délai d'intervention en cas de pollution accidentelle en amont du périmètre de protection rapprochée. Une estimation de l'étendue du périmètre de protection rapprochée a été définie à partir de l'isochrone 50 jours estimé avec la méthode de Wyssling. À partir des paramètres hydrogéologiques proposés dans le rapport technique préliminaire, la longueur du périmètre de protection tient compte d'une vitesse d'écoulement assez importante de l'eau au sein de la nappe exploitée à proximité immédiate de l'ouvrage. Cette vitesse décroît lorsqu'on s'éloigne du forage.

Cependant, d'une part, ce modèle est peu adapté à l'hétérogénéité des milieux réunionnais et, d'autre part, certains paramètres qui y sont utilisés sont estimés et non mesurés. Nous utiliserons donc les informations données par cette modélisation comme des ordres de grandeur. Compte tenu des incertitudes portant sur la valeur de porosité efficace et sur la direction exacte des écoulements souterrains, la largeur du périmètre de protection rapprochée proposée est plus importante que celle du front d'appel.

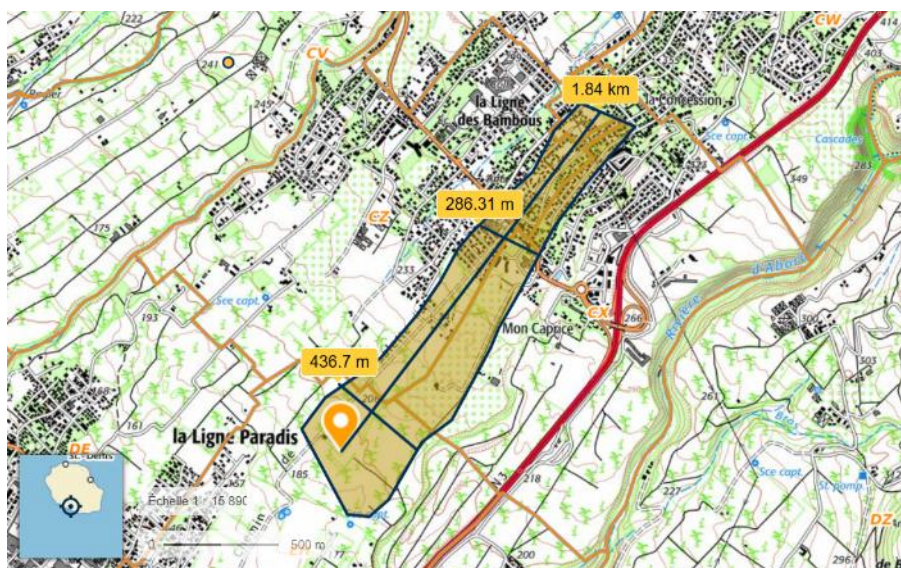


Figure 36 : Caractéristiques du la zone de ruissellement potentiellement non drainée proche du forage (données Géoportail)

Nous prendrons également en considération la zone de ruissellement potentiel (figure 36) que nous avons identifié au paragraphe V.1.g, au sein de laquelle le ruissellement des eaux pluviales est susceptible de provoquer l'inondation

du PPR (voir figure 34) et d'amener des polluants vers le PPI du forage (figure 36).

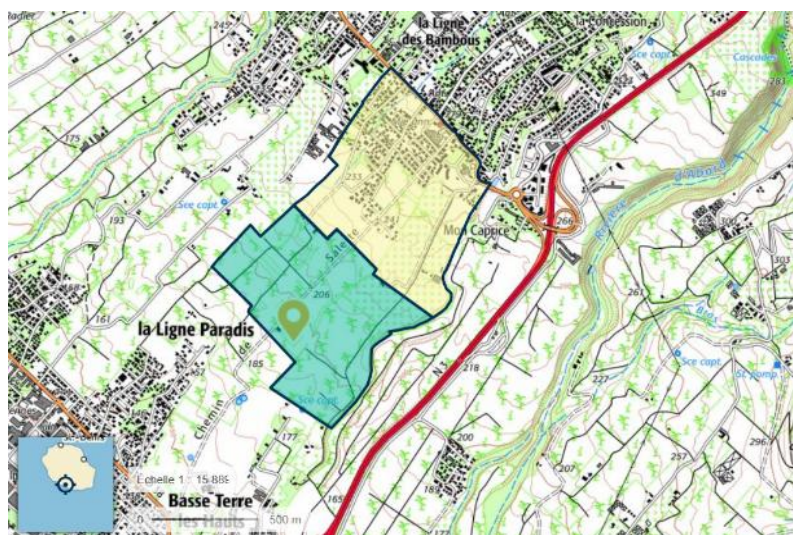


Figure 37 : Tracé des périmètres de protection rapprochée sur fond cadastral (source Géoportail)

Les limites proposées pour le périmètre sont ici représentées sur un fond cadastral (figure 37). Ce périmètre comportera deux zones : un périmètre PPR-Zone A (en vert sur la figure 37, 38 et 39) en zone agricole avec une problématique de gestion des intrants potentiellement polluants et un PPR-Zone B (en jaune (figure 36 et 37) partiellement urbanisé où s'ajoute une problématique de gestion des écoulements urbains. À l'intérieur de chacune des zones du périmètre ainsi définies sera appliquée la réglementation générale concernant les installations et activités situées à l'intérieur d'un Périmètre de Protection Rapprochée. Elle sera complétée par un certain nombre de prescriptions. Ces prescriptions complètent la réglementation générale mais ne s'y substituent pas.

A.2.a. Le PPR-Zone A

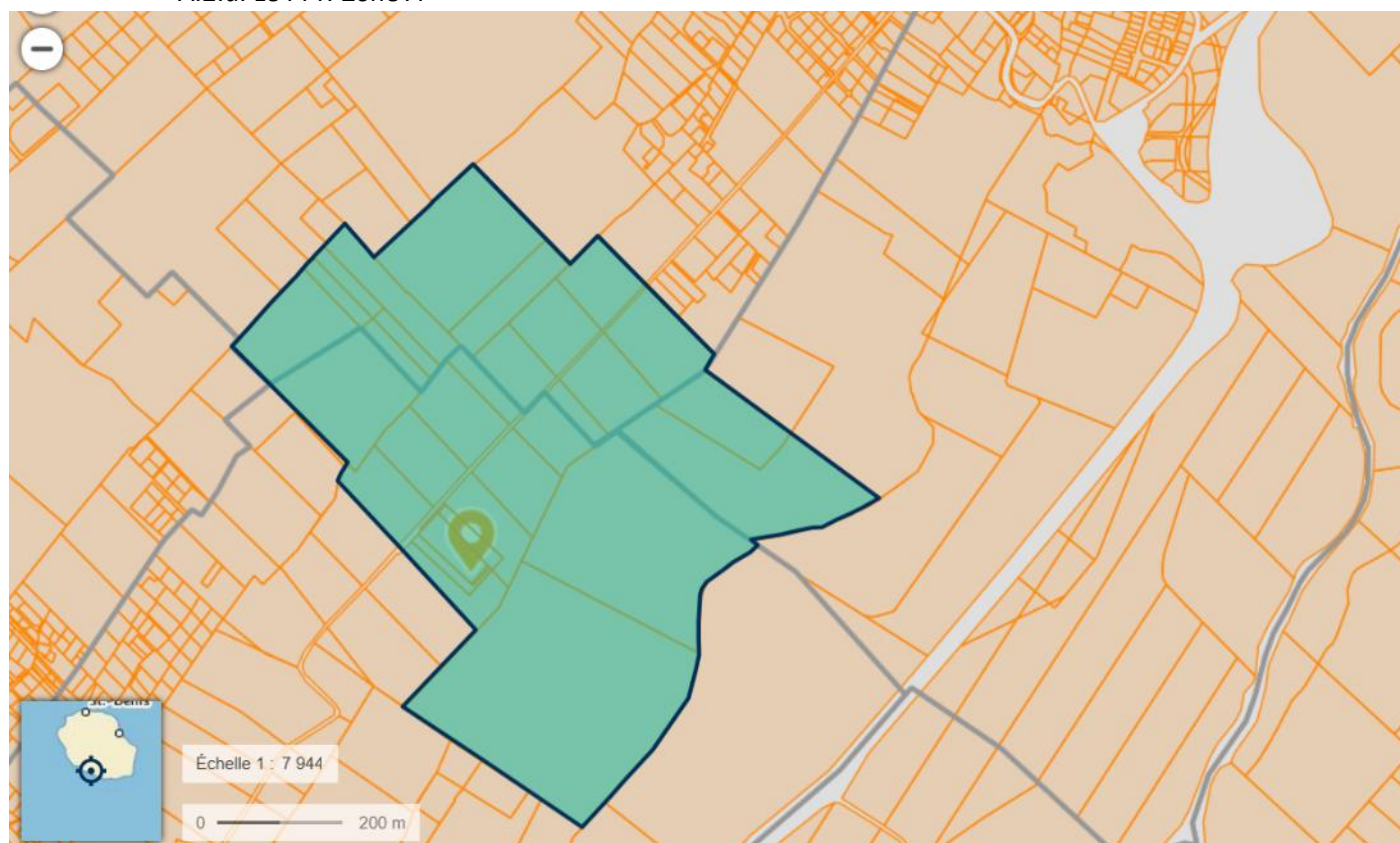


Figure 38: Tracé du périmètre de protection rapprochée – zone A sur fond cadastral (source Géoportail)

A.2.a.1 Réglementations :

Assurer la traçabilité des apports

- Seront enregistrés dans un cahier de suivi propre à l'exploitation et consultable par les services de l'état :
 - ✓ L'ensemble des traitements phytosanitaires effectués sur l'exploitation,
 - ✓ Les apports de fertilisants minéraux et organiques,
 - ✓ Les volumes d'eau d'irrigation apportés sur les parcelles de l'exploitation.
- Un plan de fertilisation prévisionnelle doit être mis en place, en fonction des connaissances du moment.
- Toute activité d'élevage doit mettre en place un plan d'épandage accompagné d'un cahier d'épandage quelle que soit sa capacité, à l'exception des élevages à caractère familial définis selon l'article 153 du Règlement Sanitaire Départemental.

Utiliser de façon raisonnée et adaptée les produits phytosanitaires et les fertilisants

- Un dispositif de suivi de la culture doit être mis en place afin de détecter et de diagnostiquer les premiers symptômes de maladies et les premiers signes de la présence de ravageurs, en préalable à d'éventuels traitements ou autres méthodes de lutte.
- Les appareils de pulvérisation devront être maintenus en bon état de fonctionnement et être régulièrement étalonnés.
- Un programme d'analyse doit être mis en œuvre afin d'établir un plan de fertilisation et d'assurer un suivi physico-chimique des sols et des parcelles :
 - ✓ Maraîchage : analyses tous les 2 ans
 - ✓ Arboriculture, vigne : analyses avant plantation puis tous les 5 ans avec en complément analyse foliaire tous les ans
 - ✓ Canne à sucre : analyse tous les 4 ans et au moins à chaque plantation
 - ✓ Prairies : analyses avant l'implantation et avant chaque renouvellement
- L'exploitant devra suivre une session de formation continue sur les bonnes pratiques d'emploi des pesticides tous les 5 ans, afin d'attester qu'il possède une bonne maîtrise de l'utilisation des phytosanitaires, pour en limiter l'usage.

Éviter les risques de contamination du sol par les éléments organiques ou chimiques

- Le chemin agricole menant au forage (Chemin Salette) devra être interdit à tout autre véhicule que ceux destinés à la gestion du forage et des espaces verts ou ceux des exploitants agricoles, des riverains, et des services publics (poste, ramassage des déchets, edf, etc.).
- Des panneaux situés sur des points stratégiques des routes et chemins sillonnant le périmètre devront avertir de l'existence d'une zone sensible pour la protection d'un captage. Les coordonnées des services de gestion des eaux y figureront pour qu'ils puissent être prévenus en cas de déversement accidentel de produits polluants.
- Les eaux usées produites par les habitations existantes doivent être traitées par un système d'assainissement autonome conforme à la réglementation qui fera l'objet d'une surveillance renforcée (1 fois tous les 3 ans).
- Toute nouvelle construction devra être reliée à un Système d'Assainissement Collectif ou Non Collectif des eaux usées, respectant la réglementation en vigueur et qui fera l'objet d'une surveillance renforcée. La vérification de l'étanchéité du réseau d'assainissement collectif et les réparations éventuelles se feront à une fréquence minimale d'une fois tous les cinq ans.
- Les eaux de ruissellement issues des voiries limitrophes ou situées dans le périmètre de protection rapprochée devront être collectées et rejetées en dehors et en aval du périmètre.
- En cas de travaux sur la voirie ou de construction sur une parcelle constructible, une attention particulière devra être portée aux risques de pollution par des hydrocarbures ou par d'autres polluants susceptibles d'être introduits par des engins de chantier et de terrassement via les tranchées. Le chantier devra être aménagé de manière à ce que les eaux de ruissellement ne puissent pas se retrouver dans la ou les tranchée(s). De plus de tels travaux devront être réalisés pendant la saison sèche et tout sera mis en œuvre pour éviter l'infiltration de substances susceptibles

de dégrader la qualité des eaux souterraines. Si des travaux doivent être réalisés pendant la saison des pluies l'avis d'un hydrogéologue agréé sera requis.

- Le talus existant autour du site d'implantation du forage sera aménagé afin que les eaux de ruissellement, issues des champs situés en amont ou d'une éventuelle rupture du réseau d'irrigation, n'atteignent pas le terrain d'assise de l'ouvrage.
- Tout forage ou piézomètre qui serait réalisé ou déjà existant dans le PPR-Zone A devra être sécurisé : (1) par une plateforme imperméabilisée autour des têtes de forage (carré de 5 m de coté centré sur la tête de forage), (2) par une tête de forage fermée et cadenassée afin d'empêcher les infiltrations d'eau pluviale le long de l'ouvrage, (3) et par une margelle empêchant l'arrivée sur cette plateforme des eaux de ruissellement provenant de l'amont.
- La préparation de la bouillie phytosanitaire est effectuée sur une aire de remplissage et de lavage du pulvérisateur étanche et aménagée de sorte à éviter tout contact avec le sol. Les écoulements accidentels devront être canalisés vers un système de récupération.
- Le stockage des engrais minéraux solides est réalisé sur une aire étanche et couverte.
- Le stockage des aliments en dehors des bâtiments d'élevage devra s'effectuer sur une aire étanche et couverte équipée d'un système de récupération des jus.
- La capacité de stockage minimale des déjections et des effluents d'origine animale est de 6 mois et devra être adaptée aux possibilités d'épandage. L'ensemble des déjections et des effluents doivent être récupérés et stockés dans un lieu couvert et étanche.
- Le stockage de fumier doit être réalisé sur une aire étanche et couverte dans l'exploitation. Ce stockage est interdit au champ du 15 décembre au 15 avril et autorisé en dehors de cette période, uniquement s'il est protégé des intempéries.
- Pour la culture hors sol :
 - ✓ Les eaux de drainages doivent être collectées et réutilisées sur la même culture dans un système dit « fermé » ou en « solution recyclée »
 - ✓ Un système de stockage étanche temporaire des effluents doit être mis en place après leur utilisation
 - ✓ La réutilisation des eaux de drainage ne peut être effectuée que sur des terrains hors de l'emprise des périmètres de protection.

Eviter les risques d'érosion du sol

- Des zones végétalisées non cultivées (sans traitement phytosanitaire, sans apport de fertilisant et sans travail mécanisé) de 5 mètres minimum doivent être mises en place le long des berges des cours d'eau définis par arrêté préfectoral.
- Dans les zones d'érosion, des haies (ou bandes) anti-érosives, parallèles aux courbes de niveau, doivent être mises en place sur le pourtour des parcelles aux ruptures de pentes (bord de route, de chemins, ravines...)
- Le travail du sol doit être effectué au moyen de matériels adaptés afin d'éviter la formation d'une semelle de labour.
- Le travail du sol et l'entretien des cultures doivent être effectués en travers de la pente, voir en courbe de niveau si la pente le permet pour limiter le phénomène d'érosion.

Préserver les zones boisées

- Les zones boisées présentes ou à créer doivent être intégrées dans les documents d'urbanisme en vigueur au titre de l'article L. 130.1 du Code de l'urbanisme en tant que forêts de protection.

A.2.a.2. Interdictions :

Pour les activités touristiques

- Camping, bivouac, caravaning, pratique des activités de sports et loisirs mécaniques.

Pour les activités agricoles et d'élevage

- Les traitements phytosanitaires en cas de pluie ou de risque de pluie dans les heures suivant l'application

- Les sols nus pendant la saison des pluies (du 15 décembre au 15 avril) sur les zones en pente (> 30%) de manière permanente ou temporaire, à l'exception de la période de plantation ou de replantation de la canne à sucre. Il est conseillé de mettre en place une culture intermédiaire ou un enherbement sous la culture pérenne.
- Les traitements herbicides sous culture pérenne hors frondaison. Il est préconisé de mettre en place un enherbement sous culture pérenne.
- L'utilisation de pesticides hors champs pour l'entretien des bois, des talus, des fossés, des cours d'eau et de leurs berges, des chemins et des accotements des routes, et des terrains de sport, sauf dérogation à visée d'ordre sanitaire.
- Le travail mécanique du sol susceptible de générer des risques d'érosion sur les pentes supérieures à 30 %
- L'épandage de fertilisants organiques susceptibles d'écoulement (lisiers, fientes, purins, fumiers mous à très mous...)
- L'épandage de fertilisants organiques non susceptibles d'écoulement (fumiers compacts, composts, ...) pendant la saison des pluies (période du 15 décembre au 15 avril) à l'exception des produits hygiénisés.
- L'épandage des fonds de cuve (dilués ou non) des appareils de pulvérisation. Leur utilisation sera néanmoins possible sur des parcelles hors périmètre de protection, dans la limite du respect des doses maximales autorisées.
- La création de nouvelles exploitations agricoles comportant le pacage des animaux, la création de bâtiments d'élevage, l'installation d'abreuvoirs ou d'abris destinés au bétail. En revanche, sont autorisées les cultures (ayant un usage raisonné des intrants) et le petit élevage familial.
- Le rejet d'eaux contaminées par les animaux.

Pour la gestion des espaces boisés et naturels

- Déclassement de tout le zonage du PLU en vigueur en novembre 2024, excepté pour un classement plus protecteur du point de vue de l'environnement.
- Déboisement, dessouchage et défrichement au droit des zones boisées et des pentes d'encaissement des ravines. Traitement des forêts et des bois abattus.
- L'utilisation de pesticides pour l'entretien des bois, des talus, des fosses, des cours d'eau et de leurs berges, des chemins et des accotements des routes, et des terrains de sport, sauf dérogation à visée d'ordre sanitaire.

Pour la gestion des matières polluantes

- Stockage, déversement, épandage, enfouissement ou dépôt de matières fermentescibles.
- Installation de décharges, de dépôts d'ordures ménagères et industrielles et dépôt de produits radioactifs, de déchetteries et de centre d'enfouissement technique. *Ceci à l'exception des poubelles et locaux à poubelles des habitations ou exploitations agricoles. Les locaux à poubelles disposeront d'une aire de rétention et les fluides polluants s'écouleront dans une cuve de rétention et/ou dans le réseaux d'assainissement adéquat.*
- Épandage et stockage de produits phytocides ou phytosanitaires pour la lutte contre les pestes végétales et pour la protection des végétaux. *Cependant des interventions sont possibles dans le cadre de campagnes ponctuelles de lutte contre les nuisibles et les espèces végétales envahissantes. Dans ce cas, des protocoles précis (produits utilisés, méthodes d'épandage, durée, risque sur le milieu aquatique, etc.) devront être soumis aux autorités sanitaires compétentes pour validation et autorisation ;*
- Utilisation de produits polluants dans la lutte contre les incendies.
- L'infiltration d'eaux usées. Elles doivent être rejetées en aval du périmètre de protection rapprochée ou dans un réseau de collecte adapté. Ainsi par exemple, l'infiltration des eaux pluviales (issues des routes, parking et autres espace potentiellement pollués) dans le sous-sol est interdit dans ce PPR-Zone A. Seul l'Assainissement Non Collectif des eaux usées des habitations déjà existantes est autorisé au sein de PPR-Zone A, mais son contrôle devra être renforcé (au moins une fois tous les 5 ans).
- la création de poste de relevage des eaux usées
- L'installation de stockage d'hydrocarbures liquides ou gazeux, de produits chimiques ou de matières susceptibles de porter atteinte directement ou indirectement à la qualité des eaux *(à l'exception de ceux en liaison directe avec l'exploitation du captage, qui devront être stockés et manipulés dans des conditions permettant d'éviter toute pollution : sols des ateliers et aires de stockages étanches, incombustibles et permettant la récupération des produits*

répandus accidentellement, usage de protocoles opératoires, usage de kits de dépollution, etc.)

- L'implantation de canalisations d'hydrocarbures ou de tous produits liquides ou gazeux susceptibles de porter atteinte directement ou indirectement à la qualité des eaux.

Pour la gestion de l'aménagement du territoire

- La création de fossés, de drains susceptibles de diriger les écoulements des eaux superficielles vers le PPR
- Implantation ou exploitation d'installations classées pour la protection de l'environnement.
- Création ou exploitation d'activités polluantes susceptibles de porter atteinte à la qualité de l'eau (Une liste indicative de ces activités est donnée par l'Arrêté du 21 décembre 2007 (version en vigueur au 1^{er} janvier 2023) relatif aux modalités d'établissement des redevances pour pollution de l'eau et pour modernisation des réseaux de collecte. Une liste des produits macro et micro polluants susceptibles de dégrader la qualité de l'eau est donnée par le site du ministère de la Transition écologique et solidaire ([/www.ecologique-solidaire.gouv.fr/lutte-contre-pollutions-leau#e5](http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/lutte-contre-pollutions-leau#e5)).
- Création de zones artisanales, commerciales.
- L'ouverture et l'exploitation de carrières.
- Création de cimetières.
- Stockage et mise en remblai de terres et de matériaux, modifications des lits de ravine et de leurs berges.
- Captage de sources et d'écoulements superficiels autres que ceux destinés à l'alimentation en eau potable d'une collectivité.
- Forages autres que ceux destinés à l'alimentation en eau potable d'une collectivité.
- Rejet des eaux pluviales, notamment les eaux issues des voiries (elles doivent être collectée et rejetées en aval du périmètre de protection rapprochée).
- Rejet d'eau des piscines (elles doivent être rejetées en aval du périmètre de protection rapprochée ou dans un réseau adapté).
- La création d'un plan d'eau, d'une mare ou d'un étang.
- Une parcelle non constructible ne pourra être déclassée. Sur ces parcelles, le développement d'un couvert végétal devra être encouragé.
- Création de nouvelles routes (types 1 à 8), de rues et de chemins. *En revanche les modifications et améliorations des voiries existantes sont autorisées. Cependant ces nouveaux aménagements devront intégrer des réseaux d'évacuation des eaux de ruissellement issues des voiries qui seront traitées en aval du périmètre de protection rapprochée.*

A.2.b. Le PPR-Zone B

A.2.b.1. Réglementations :

Assurer la traçabilité des apports au sein des exploitations agricoles

- Seront enregistrés dans un cahier de suivi propre à l'exploitation et consultable par les services de l'état :
 - ✓ L'ensemble des traitements phytosanitaires effectués sur l'exploitation,
 - ✓ Les apports de fertilisants minéraux et organiques,
 - ✓ Les volumes d'eau d'irrigation apportés sur les parcelles de l'exploitation.
- Un plan de fertilisation prévisionnelle doit être mis en place, en fonction des connaissances du moment.
- Toute activité d'élevage doit mettre en place un plan d'épandage accompagné d'un cahier d'épandage quelle que soit sa capacité, à l'exception des élevages à caractère familial définis selon l'article 153 du Règlement Sanitaire Départemental.

Utiliser de façon raisonnée et adaptée des produits phytosanitaires et des fertilisants

- Les exploitants agricoles devront suivre une session de formation continue sur les bonnes pratiques d'emploi des pesticides tous les 5 ans, afin d'attester qu'ils possèdent une bonne maîtrise de l'utilisation des phytosanitaires, pour en limiter l'usage.

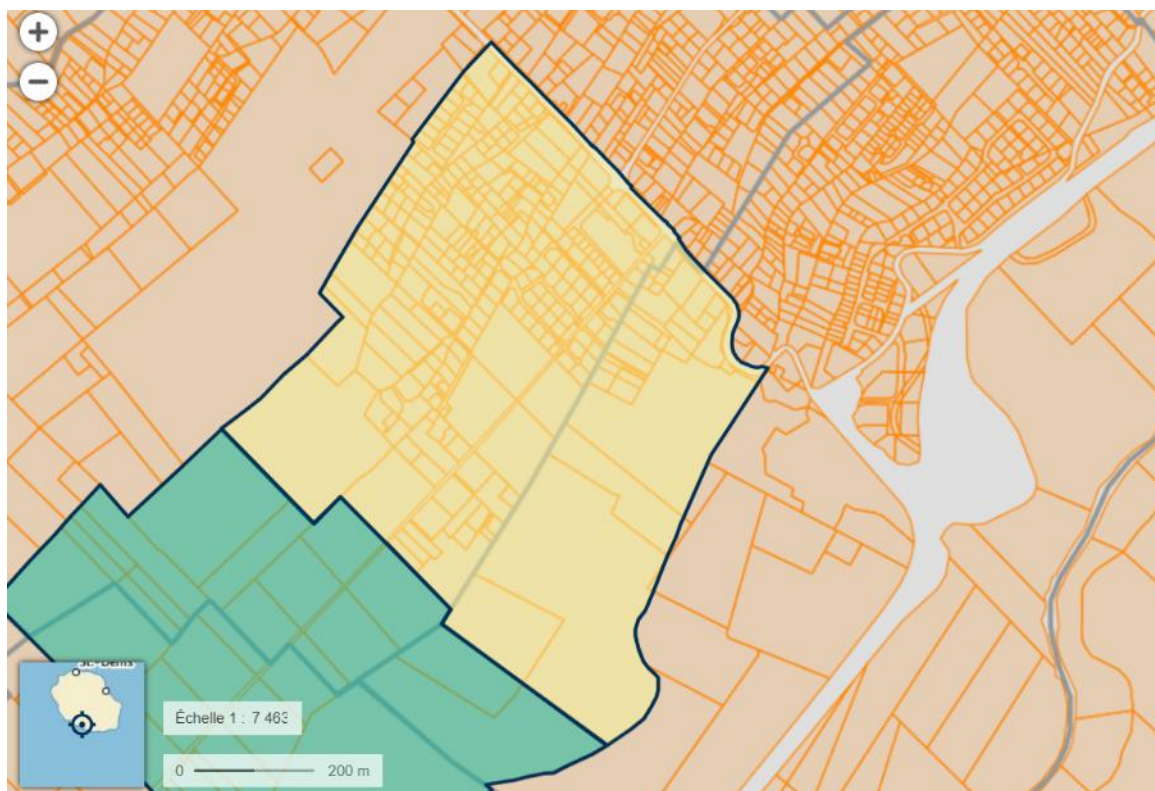


Figure 39 : Tracé du périmètre de protection rapprochée – zone B en jaune sur fond cadastral (source Géoportail)

Limiter les risques de pollution organiques ou chimiques sur l'espace agricole

- Le chemin agricole menant au forage (Chemin Salette) devra être interdit à tout autre véhicule que ceux destinés à la gestion du forage et des espaces verts ou ceux des exploitants agricoles, des riverains, et des services publics (poste, ramassage des déchets, edf, etc.).
- Des panneaux situés sur des points stratégiques des routes et chemins sillonnant le périmètre devront avertir de l'existence d'une zone sensible pour la protection d'un captage. Les coordonnées des services de gestion des eaux y figureront pour qu'ils puissent être prévenus en cas de déversement accidentel de produits polluants.
- La préparation de la bouillie phytosanitaire est effectuée sur une aire de remplissage et de lavage du pulvérisateur étanche et aménagée de sorte à éviter tout contact avec le sol. Les écoulements accidentels devront être canalisés vers un système de récupération.
- Le stockage des engrais minéraux solides et des produits phytosanitaires est réalisé sur une aire étanche et couverte.
- Le stockage des aliments en dehors des bâtiments d'élevage devra s'effectuer sur une aire étanche et couverte équipée d'un système de récupération des jus.
- La capacité de stockage minimale des déjections et des effluents d'origine animale est de 6 mois et devra être adaptée aux possibilités d'épandage. L'ensemble des déjections et des effluents doivent être récupérés et stockés dans un lieu couvert et étanche.
- Le stockage de fumier doit être réalisé sur une aire étanche et couverte dans l'exploitation. Ce stockage est interdit au champ du 15 décembre au 15 avril et autorisé en dehors de cette période, uniquement s'il est protégé des intempéries.
- Pour la culture hors sol :
 - Les eaux de drainages doivent être collectées et réutilisées sur la même culture dans un système dit « fermé » ou en « solution recyclée »
 - Un système de stockage étanche temporaire des effluents doit être mis en place après leur utilisation

Limiter les risques de pollution organiques ou chimiques sur l'ensemble du périmètre

- Tout forage ou piézomètre déjà existant dans le PPR-Zone B devra être sécurisé : (1) par une plateforme imperméabilisée autour des têtes de forage (carré de 5 m de cote centre sur la tête de forage), (2) par une tête de forage fermée et cadénassée afin d'empêcher les infiltrations d'eau pluviale le long de l'ouvrage, (3) et par une margelle empêchant l'arrivée sur cette plateforme des eaux de ruissellement provenant de l'amont.
- Les eaux usées produites par les habitations ou entreprises existantes doivent être traitées par un système d'assainissement autonome conforme à la réglementation qui fera l'objet d'une surveillance renforcée (1 fois tous les 3 ans).
- Toute nouvelle construction devra être reliée à un Système d'Assainissement Collectif ou Non Collectif des eaux usées, respectant la réglementation en vigueur et qui fera l'objet d'une surveillance renforcée. La vérification de l'étanchéité du réseau d'assainissement collectif et les réparations éventuelles se feront à une fréquence minimale d'une fois tous les cinq ans.
- En cas de travaux sur la voirie ou de construction sur une parcelle constructible, une attention particulière devra être portée aux risques de pollution par des hydrocarbures ou par d'autres polluants susceptibles d'être introduits par des engins de chantier et de terrassement via les tranchées. Le chantier devra être aménagé de manière à ce que les eaux de ruissellement ne puissent pas se retrouver dans la ou les tranchée(s). De plus, de tels travaux devront être réalisés pendant la saison sèche et tout sera mis en œuvre pour éviter l'infiltration de substances susceptibles de dégrader la qualité des eaux souterraines. Si des travaux doivent être réalisés pendant la saison des pluies l'avis d'un hydrogéologue agréé sera requis.
- Les routes (types 1 à 8), de rues et de chemins doivent intégrer des réseaux d'évacuation des eaux de ruissellement issues des voiries qui seront traitées en aval du périmètre de protection rapprochée. *Les modifications et améliorations des voiries existantes sont autorisées. Cependant ces nouveaux aménagements devront intégrer des réseaux d'évacuation des eaux de ruissellement issues des voiries qui seront traitées en aval du périmètre de protection rapprochée.*

A.2.b.2. Interdictions :

Pour les activités agricoles et d'élevage :

- Les traitements phytosanitaires en cas de pluie ou de risque de pluie dans les heures suivant l'application
- Les sols nus pendant la saison des pluies (du 15 décembre au 15 avril) sur les zones en pente (> 30%) de manière permanente ou temporaire, à l'exception de la période de plantation ou de replantation de la canne à sucre. Il est conseillé de mettre en place une culture intermédiaire ou un enherbement sous la culture pérenne.
- Les traitements herbicides sous culture pérenne hors frondaison. Il est préconisé de mettre en place un enherbement sous culture pérenne.
- L'utilisation de pesticides hors champs pour l'entretien des bois, des talus, des fossés, des cours d'eau et de leurs berges, des chemins et des accotements des routes, et des terrains de sport, sauf dérogation à visée d'ordre sanitaire.
- Le travail mécanique du sol susceptible de générer des risques d'érosion sur les pentes supérieures à 30 %
- L'épandage de fertilisants organiques susceptibles d'écoulement (lisiers, fientes, purins, fumiers mous à très mous...)
- L'épandage de fertilisants organiques non susceptibles d'écoulement (fumiers compacts, composts, ...) pendant la saison des pluies (période du 15 décembre au 15 avril) à l'exception des produits hygiénisés.
- L'épandage des fonds de cuve (dilués ou non) des appareils de pulvérisation. Leur utilisation sera néanmoins possible sur des parcelles hors périmètre de protection, dans la limite du respect des doses maximales autorisées.
- La création de nouvelles exploitations agricoles comportant le pacage des animaux, la création de bâtiments d'élevage, l'installation d'abreuvoirs ou d'abris destinés au bétail. En revanche, sont autorisées les cultures (ayant un usage raisonné des intrants) et le petit élevage familial.
- Le rejet d'eaux contaminées par les animaux.

Pour la gestion de l'aménagement du territoire

- Création ou exploitation d'activités polluantes susceptibles de porter atteinte à la qualité de l'eau (Une liste

indicative de ces activités est donnée par l'Arrêté du 21 décembre 2007 (version en vigueur au 1^{er} janvier 2023) relatif aux modalités d'établissement des redevances pour pollution de l'eau et pour modernisation des réseaux de collecte. Une liste des produits macro et micro polluants susceptibles de dégrader la qualité de l'eau est donnée par le site du ministère de la Transition écologique et solidaire ([/www.ecologique-solidaire.gouv.fr/lutte-contre-pollutions-leau#e5](http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/lutte-contre-pollutions-leau#e5)).

- L'ouverture et l'exploitation de carrières.
- Création de cimetières.
- Stockage et mise en remblai de terres et de matériaux, modifications des lits de ravine et de leurs berges.
- Modifications des lits de ravine et de leurs berges.
- Forages autres que ceux destinés à l'alimentation en eau potable d'une collectivité.
- Le rejet des eaux de ruissellement. *Les eaux de ruissellement issues des routes et zones de parking situées dans le périmètre de protection rapprochée devront être collectées et rejetées en dehors et en aval du périmètre. Les zones de parking existants, et notamment celles repérées au paragraphe V.1.c (figure 29), seront contrôlées et mises en conformité dans les plus brefs délais.*
- Le rejet des eaux des piscines. Elles doivent être rejetées en aval du périmètre de protection rapprochée ou dans un réseau adapté.
- La création d'un plan d'eau, d'une mare ou d'un étang.

Pour la gestion des matières polluantes

- L'utilisation de pesticides pour l'entretien ou le traitement des bois, des talus, des fosses, des cours d'eau et de leurs berges, des chemins et des accotements des routes, des terrains de sport et espaces publics, sauf dérogation à visée d'ordre sanitaire.
- Stockage, déversement, épandage, enfouissement ou dépôt de matières fermentescibles.
- Installation de décharges, de dépôts d'ordures ménagères et industrielles et dépôt de produits radioactifs, de déchetteries et de centre d'enfouissement technique. *Ceci à l'exception des poubelles et locaux à poubelles des habitations ou exploitations agricoles. Les locaux à poubelles disposeront d'une aire de rétention et les fluides polluants s'écouleront dans une cuve de rétention et/ou dans le réseaux d'assainissement adéquat.*
- Épandage et stockage de produits phytocides ou phytosanitaires pour la lutte contre les pestes végétales et pour la protection des végétaux. *Cependant des interventions sont possibles dans le cadre de campagnes ponctuelles de lutte contre les nuisibles et les espèces végétales envahissantes. Dans ce cas, des protocoles précis (produits utilisés, méthodes d'épandage, durée, risque sur le milieu aquatique, etc.) devront être soumis aux autorités sanitaires compétentes pour validation et autorisation ;*
- L'infiltration d'eaux usées. Elles doivent être rejetées en aval du périmètre de protection rapprochée ou dans un réseau de collecte adapté. De même l'infiltration des eaux pluviales (issues des routes, parking et autres espace potentiellement pollués) dans le sous-sol est interdite dans ce PPR-Zone B. Toutefois, l'Assainissement Non Collectif des eaux usées, respectant la réglementation en vigueur, est autorisé au sein du PPR-Zone B.
- L'installation de stockage d'hydrocarbures liquides ou gazeux, de produits chimiques ou de matières susceptibles de porter atteinte directement ou indirectement à la qualité des eaux (à l'exception de ceux en liaison directe avec l'exploitation du captage, qui devront être stockés et manipulés dans des conditions permettant d'éviter toute pollution : sols des ateliers et aires de stockages étanches, incombustibles et permettant la récupération des produits répandus accidentellement, usage de protocoles opératoires, usage de kits de dépollution, etc.)
- L'implantation de canalisations d'hydrocarbures ou de tous produits liquides ou gazeux susceptibles de porter atteinte directement ou indirectement à la qualité des eaux.

A.3. La Zone de Surveillance Renforcée (ZSR)

Le périmètre de protection éloignée prolonge les périmètres de protection rapprochée pour renforcer la protection contre les pollutions permanentes ou diffuses. Il est facultatif et n'est défini que si on considère que l'application de la réglementation générale n'est pas suffisante malgré l'éloignement du point de prélèvement.

En raison du risque de pollution avéré de la ressource en eau (voir parties VI 1.2 et VI.2) par des substances d'origine

urbaine ou agricole (amendements, produits phytosanitaires, etc.), à la présence de nombreux réseaux (routes, eaux usées, eaux pluviales, chemins d'exploitation agricole), et au transport de produits polluants, etc., une zone de surveillance renforcée est définie pour le forage Ligne Paradis (cf. figures 40 et 41).

Le tracé, de la zone de surveillance renforcée, proposé tient compte des réseaux hydrographiques susceptibles de lessiver les zones habitées ou cultivées et d'amener rapidement des eaux polluées à proximité de la zone d'influence de l'ouvrage. Il tient également compte du fait qu'en période de crue, la Ravine Blanche et la Rivière d'Abord réalimentent très probablement la nappe exploitée en amont ou à proximité de la ressource exploitée.

Il est donc destiné à servir de zone de vigilance : (1) pour les services de sécurité et de secours en cas de pollution accidentelle, (2) pour les collectivités et services de l'État lors du développement d'activités à risques pour la ressource en eau. Et il permet d'identifier un secteur prioritaire pour les remises aux normes d'activités à risques.

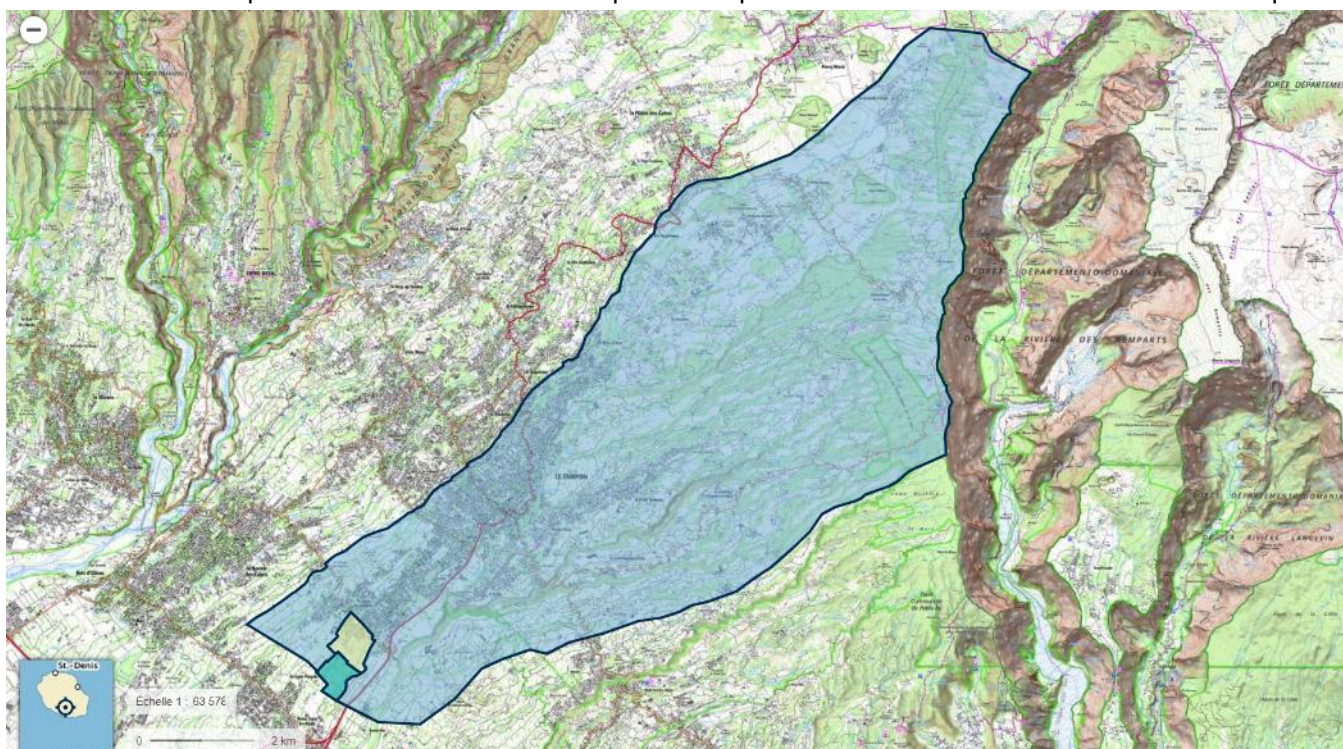


Figure 40 : Tracé de la Zone de Surveillance Renforcée sur fond IGN (source Géoportail)

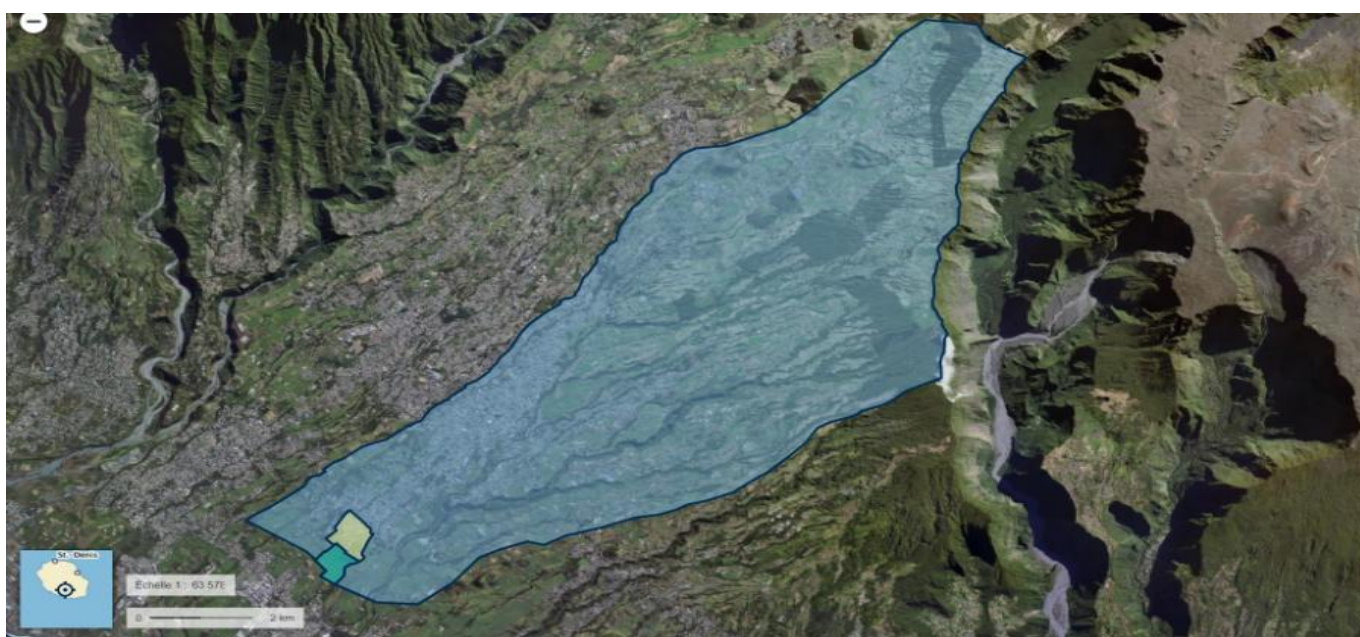


Figure 41 : PPR et ZSR superposés sur photographie aérienne (source Géoportail)

Pour éviter les risques de contamination du sol par les éléments organiques ou chimiques et leur ruissellement vers l'ouvrage :

A.3.a. Assurer la traçabilité des apports en milieu agricole :

- Toute activité d'élevage doit mettre en place un plan d'épandage accompagné d'un cahier d'épandage quelle que soit sa capacité, à l'exception des élevages à caractère familial définis selon l'article 153 du Règlement Sanitaire Départemental.

A.3.b. Utilisation raisonnée et adaptée des produits phytosanitaires et des fertilisants :

- L'exploitant devra suivre ou prouver qu'il a suivi une session de formation continue sur les bonnes pratiques d'emploi des pesticides afin d'attester qu'il possède une bonne maîtrise de l'utilisation des phytosanitaires, pour en limiter l'usage.

A.3.c. Limiter les risques de pollution organique ou chimique en milieu agricole ou urbain :

- La préparation de la bouillie phytosanitaire est effectuée sur une aire de remplissage et de lavage du pulvérisateur étanche et aménagée de sorte à éviter tout contact avec le sol. Les écoulements accidentels devront être canalisés vers un système de récupération.
- Le stockage des engrais minéraux solides est réalisé sur une aire étanche et couverte.
- Le stockage des aliments en dehors des bâtiments d'élevage devra s'effectuer sur une aire étanche et couverte équipée d'un système de récupération des jus.
- La capacité de stockage minimale des déjections et des effluents d'origine animale est de 6 mois et devra être adaptée aux possibilités d'épandage. L'ensemble des déjections et des effluents doivent être récupérés et stockés dans un lieu couvert et étanche.
- L'épandage de fumiers ou de fertilisants organiques n'est pas effectué sur la parcelle pendant la saison des pluies du 15 décembre au 15 avril, sauf s'il s'agit de produits hygiénisés.
- On évite l'épandage de fertilisants organiques susceptibles d'écoulement (lisiers, fientes, purins, fumiers mous à très mous...) sur les pentes supérieures à 7 %.
- Les traitements phytosanitaires ne sont pas effectués en cas de pluie ou de risque de pluie dans les heures suivant l'application.
- Les traitements herbicides sous culture pérenne hors frondaison sont évités. Il est préconisé de mettre en place un enherbement sous culture pérenne.
- L'utilisation des pesticides hors champs est évité (comme par exemple pour l'entretien des bois, des talus, des fossés, des cours d'eau et de leurs berges, des chemins et des accotements des routes, et des terrains de sport).
- Afin de limiter l'érosion on évitera les sols nus pendant la saison des pluies (du 15 décembre au 15 avril) sur les zones en pente (> 30%) de manière permanente ou temporaire, à l'exception de la période de plantation ou de replantation de la canne à sucre. Il est conseillé de mettre en place un enherbement sur la parcelle, une culture intermédiaire ou un enherbement sous la culture pérenne.
- Pour la culture hors sol :
 - Les eaux de drainages doivent être collectées et réutilisées sur la même culture dans un système dit « fermé » ou en « solution recyclée »
 - Un système de stockage étanche temporaire des effluents doit être mis en place après leur utilisation

B. Aménagements et travaux à réaliser dans les périmètres

Nettoyage et entretien régulier de l'ouvrage

Afin de limiter l'augmentation de la turbidité liée à la prolifération de micro-organismes (*Pseudomonas aeruginosa*) dans l'ouvrage, il conviendra de procéder à une vidange de la colonne d'eau après les périodes d'arrêt de la pompe. Ce temps de vidange sera adapté au temps d'arrêt de la pompe, avec des séquences d'arrêt/démarrage. Il sera conduit jusqu'à stabilisation des paramètres Conductivité/Température/pH et jusqu'à une turbidité inférieure à 0,5 NTU.

A minima, ce temps de purge (vidange) sera de :

- 10 mn de pompage avec vidange ouverte de la conduite de refoulement pour des arrêts prolongés des pompes supérieurs à 1 mois avant injection dans le réseau ;

- 5 mn de pompage avec vidange ouverte de la conduite de refoulement pour un arrêt des pompes pendant une semaine avant injection dans le réseau.

Il faudra également procéder au contrôle et au nettoyage éventuel (de type un brossage de l'ensemble de la colonne et nettoyage air-lift) de la colonne d'eau. Ces contrôles doivent être programmés une fois par an, avant la remise en service de l'ouvrage en fin de période sèche et suite à un arrêt prolongé de l'exploitation. Un curage sera alors réalisé si cela s'avère nécessaire. Cette périodicité sera adaptée au bout de 3 ans d'exploitation, si les contrôles montrent une faible prolifération des bactéries.

Les installations devront également être régulièrement entretenues et réparées (clôtures, cadenas et autre matériel de mise en sécurité, imperméabilisation, murets de protection), afin de les maintenir en permanence dans un parfait état de fonctionnement et de sécurité.

Sécurisation des réseaux d'évacuation des eaux (pluviales et usées) au sein du PPR

Du fait du risque d'inondation, au sein du PPR-A et à proximité immédiate du PPI, la gestion des eaux pluviales et des eaux usées est un enjeu de la protection de la ressource exploitée par le forage Ligne Paradis.

Afin de limiter ce risque et les pollutions qui y sont associées, on veillera à ce que les eaux de ruissellement et les eaux usées, en particulier le long du chemin Narcisse Lebon, du chemin Reboul, du chemin de La Salette et du chemin Moutama soient récoltées, ce qui permettra d'éviter qu'elles ne s'écoulent et s'infiltrer à proximité du forage. Elles seront rejetées en dehors et en aval du PPR (zone A et zone B).

Un diagnostic des réseaux d'évacuation des eaux sera réalisé au sein du PPR (zone A et zone B). Les réseaux d'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées seront contrôlés, réhabilités et complétés le cas échéant. Les zones non couvertes par ces réseaux au sein du PPR (Zone A et Zone B) seront aménagées et les réseaux nouveaux ou complémentaires y seront installés. Les eaux usées et les eaux de ruissellement provenant des établissements publics, chaussées, parking, déchetteries, zones de dépôts des poubelles, industries ou entreprises polluantes, etc. (tout espace ou lieu susceptible de produire des eaux souillées) seront prises en charge par les réseaux adéquats.

Des contrôles des réseaux d'eau pluviales seront effectués avant la saison des pluies (repérer les ruptures ou éventuelles obstructions). Des détections de fuites seront régulièrement effectuées sur les réseaux d'eau usées, avec un contrôle complet tous les 5 ans. La conformité de l'assainissement autonome existant sera contrôlée, mais un passage à l'assainissement collectif est souhaitable, en particulier pour les constructions où le diagnostic ou la demande de mise en conformité n'est pas possible.

La gestion des dépôts sauvages au sein du PPR-A

Afin d'éviter la contamination des eaux de ruissellement susceptibles de s'infiltrer, les déchets des dépôts sauvages et les carcasses de véhicules doivent impérativement être rapidement enlevés et acheminés dans des décharges publiques. Des panneaux indiquant l'interdiction des dépôts sauvages devront aussi être installés aux emplacements des anciens dépôts (panneaux mentionnant les amendes encourues par les contrevenants). Par ailleurs, un contrôle régulier (et un enlèvement si nécessaire) des décharges/dépôts sauvages, zones de parking devra être effectué à minima quatre fois par an (entre autres avant la saison cyclonique).

Un diagnostic de chaque site industriel historique ou de stockage de gravas situé dans le PPR (Zone A et Zone B) sera établi afin de déterminer s'il est pollué ou non et si des mesures de dépollution doivent être prises pour protéger la ressource en eau exploitée.

C. Le traitement de l'eau et la surveillance de la chimie de l'eau.

L'eau produite est potable

Comme nous l'avons vu, d'un point de vue qualitatif, les dernières analyses d'eau disponibles (2023 et 2025) montrent que les eaux prélevées au niveau du forage sont potables, mais ne peuvent pas être embouteillées du fait de la présence de *Pseudomonas aeruginosa* (au-delà du seuil de qualité pour les eaux embouteillées).

Des analyses d'eau complètes (y compris *Pseudomonas aeruginosa*) seront réalisées une fois tous les 2 ans. Les mesures et résultats d'analyses (réalisées par un laboratoire agréé) seront adressées au Département, au fermier communal (Runéo), au service compétent à la CIVIS et à l'ARS et pourront être transmises aux services compétents de l'état (DEAL, etc.).

Le suivi de la salinité de l'eau

Le suivi automatisé de la conductivité de l'eau du forage Ligne Paradis devra être constant pour prévenir une contamination de la nappe par de l'eau saumâtre. Une augmentation de la conductivité de cette eau peu minéralisée, delà de 380 $\mu\text{S}/\text{cm}$, devra se traduire par une analyse complète, immédiate, de l'eau et le déclenchement d'un suivi renforcé réalisé par l'ARS. On s'intéressera prioritairement à la teneur en chlorures, mais on vérifiera également les autres éléments susceptibles d'être responsables de la hausse de la conductivité. En cas de pollution chronique avérée par les chlorures, l'avis complémentaire d'un hydrogéologue agréé sera demandé afin de redimensionner les conditions d'exploitation du forage.

Le suivi de la turbidité

Le suivi automatisé de la piézométrie et de la turbidité de l'eau du forage Ligne Paradis devra également être constant pour prévenir une éventuelle dégradation de la qualité de l'eau. Une augmentation de la turbidité de cette eau, delà de 1 NTU devra se traduire par une analyse complète, immédiate, de l'eau et le déclenchement d'un suivi renforcé transmis à l'ARS. On s'intéressera prioritairement à la teneur en micro-organismes (dont *Pseudomonas aeruginosa*), mais on vérifiera également les autres éléments susceptibles d'être responsables de la hausse de la turbidité. En cas de pollution chronique avérée, ou de pollutions ponctuelles régulières, l'avis complémentaire d'un hydrogéologue agréé sera demandé afin d'adapter les conditions d'exploitation du forage.

E. Conclusion

Le forage Ligne Paradis est un ouvrage important pour la sécurisation de la production en eau potable de quelques communes du sud de l'île. Profond de 260m, il exploite une nappe d'eau captive qui semble assez peu vulnérable. Elle est néanmoins soumise à une pression anthropique assez importante, ce qui a entraîné des pollutions anthropiques chroniques (nitrates et pesticides en particulier) observées dans des forages du secteur. Ces pollutions sont générées par l'environnement urbain, par la pollution agricole historique ou issue de l'environnement agricole actuel situé en amont de l'ouvrage.

En l'état actuel des connaissances, un avis favorable est donné à la déclaration d'utilité publique pour l'exploitation du forage Ligne Paradis au débit maximal de 150 m^3/h , sous réserve de l'application des mesures de protection et de surveillance énoncées et du respect de la réglementation générale.

Le 2 juillet 2025

Laurent BRET, Hydrogéologue agréé

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'BRET', with a stylized flourish extending from the end.

IX. Annexes

Annexe 1 : Bibliographie

Documents remis à l'Hydrogéologue

- Extrait cadastral parcelles EH1283 et EH1220 – Direction Générale des Finances Publiques – juillet 2024
- Maîtrise d'œuvre partielle pour l'équipement et le raccordement du Forage Ligne Paradis au Périmètre Hydroagricole du Bras de La Plaine. Réalisation des dossiers réglementaires au titre du Code de la Santé Publique (MC4). Rapport d'avancement - Rapport 23 MG 10 - SARL MASCAREIGNES - Mars 2024.
- Contrat de délégation de service public pour la gestion par affermage du périmètre irrigué du littoral sud – Rapport Annuel du Délégataire année 2022 et annexes – SAPHIR - 2023
- Plans de recollement de la station de pompage Ligne Paradis – ARTELIA – années 2015 et 2016
- Plans de recollement du Réservoir Ligne Paradis- BRL – années 2007, 2008 et 2009
- Missions d'assistance hydrogéologique dans le cadre des travaux d'équipement et de raccordement du forage Ligne Paradis. Inspection caméra du forage post opération de brossage, Stereau La Réunion, Février 2023.
- Équipement et raccordement du forage départemental « Ligne Paradis » - octobre 2023
- Plan d'implantation des réseau, Stereau.
- Arrêté n° 2021-1564-SG-DCL Relatif au prélèvement d'eau dans le milieu naturel à partir du Forage Ligne Paradis (n° BBS002PKCG) situé sur la commune de Saint-Pierre et portant pour le Département de la Réunion : autorisation de prélèvement d'eau dans le milieu au titre du Code de l'Environnement - août 2021.
- Arrêté n° 2019-2004-SG-DRECV Portant décision d'examen au cas par cas en application de l'article R.122-3 du Code de l'Environnement pour l'exploitation des eaux souterraines du Forage Ligne Paradis sur la commune de Saint-Pierre – mai 2019.
- Arrêté préfectoral autorisant temporairement l'utilisation du forage Ligne Paradis - 0262 ARS/SE/JBE/CA – février 2024.
- Suivi de mise en service des équipements et périphériques ; mesure de niveau piézométrique et sondes conductives. Stereau La Réunion.
- Données de niveau d'eau du 13/11/2023 au 11/07/2024, Saphir. Novembre 2024
- Données réalisés lors des essais de pompage en novembre 2023, Saphir. Novembre 2024
- Plan du site de Ligne Paradis avec la zone à risque (R2) du PPRN de St-Pierre, Saphir. Novembre 2024
- Note technique sur remarques de l'ARS sur le forage, ARTELIA, Mai 2025

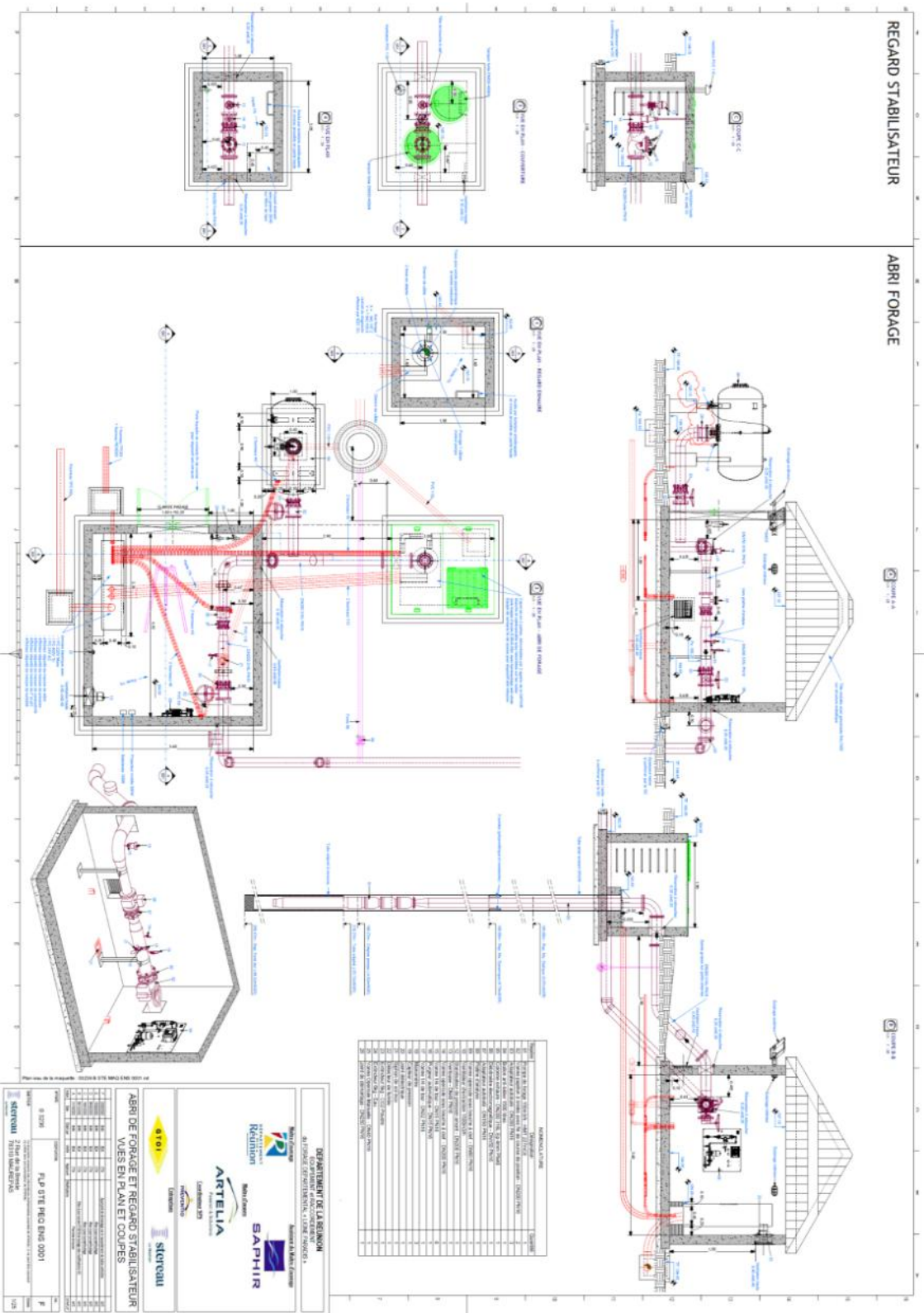
Autres documents consultés

- Arrêté du 11 janvier 2007, version en vigueur au 1^{er} janvier 2023 (modifié par l'arrêté du 30 décembre 2022) relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine
- Le dossier préalable à l'intervention de l'hydrogéologue agréé, réalisé par le bureau d'étude Antéagroup en 2014, ainsi que ses annexes 1A, 1B (analyse d'eau réalisée par le LDEHM en décembre 2009) et son annexe 2 (extrait cadastral)
- Rapport Building Resilience in the Indian Ocean (BRIO), intitulé : Régionalisation du changement climatique et développement de services climatiques dans le sud-ouest de l'océan Indien et ses territoires insulaires ; Marie-Dominique Leroux, François Bonnardot, Stephason François, Kotomangazafy, Abdoul-Oikil Said, Philippe Veerabadren, Vincent Amélie. METEO FRANCE, 2023.
- Le phénomène d'intrusion saline à La Réunion : état des connaissances et synthèse des données disponibles. BRGM, 2005. RP-54330-FR
- Hydrochimie des eaux souterraines de l'île volcanique de La Réunion (océan indien), BRGM 90-Reu-012, juin 1990.
- État qualitatif des eaux d'urgence de La Réunion, BRGM, 2011.
- Schéma Départemental de l'Alimentation en Eau Potable. Diagnostic et identification des leviers pour sécuriser l'alimentation en eau potable. Office de l'Eau Réunion, Juin 2015.
- SDAGE Réunion 2022-2027 – document d'accompagnement, BRL Ingénierie, 2022
- Notice des cartes géologiques des cirques du Piton des Neiges, BRGM 2008.
- Office de l'eau Réunion, 2015. État des eaux 2015, les masses d'eau souterraines. Évaluation de l'état.
- Chronique de l'Eau n°137, La qualité des eaux est globalement satisfaisante, mais l'influence des pollutions persiste. Office de l'Eau, août 2024
- Évaluation des risques sanitaires liés à l'exposition par ingestion de Pseudomonades dans les eaux destinées à la consommation humaine (hors eaux conditionnées). Rapport de l'ANSES. Octobre 2010.

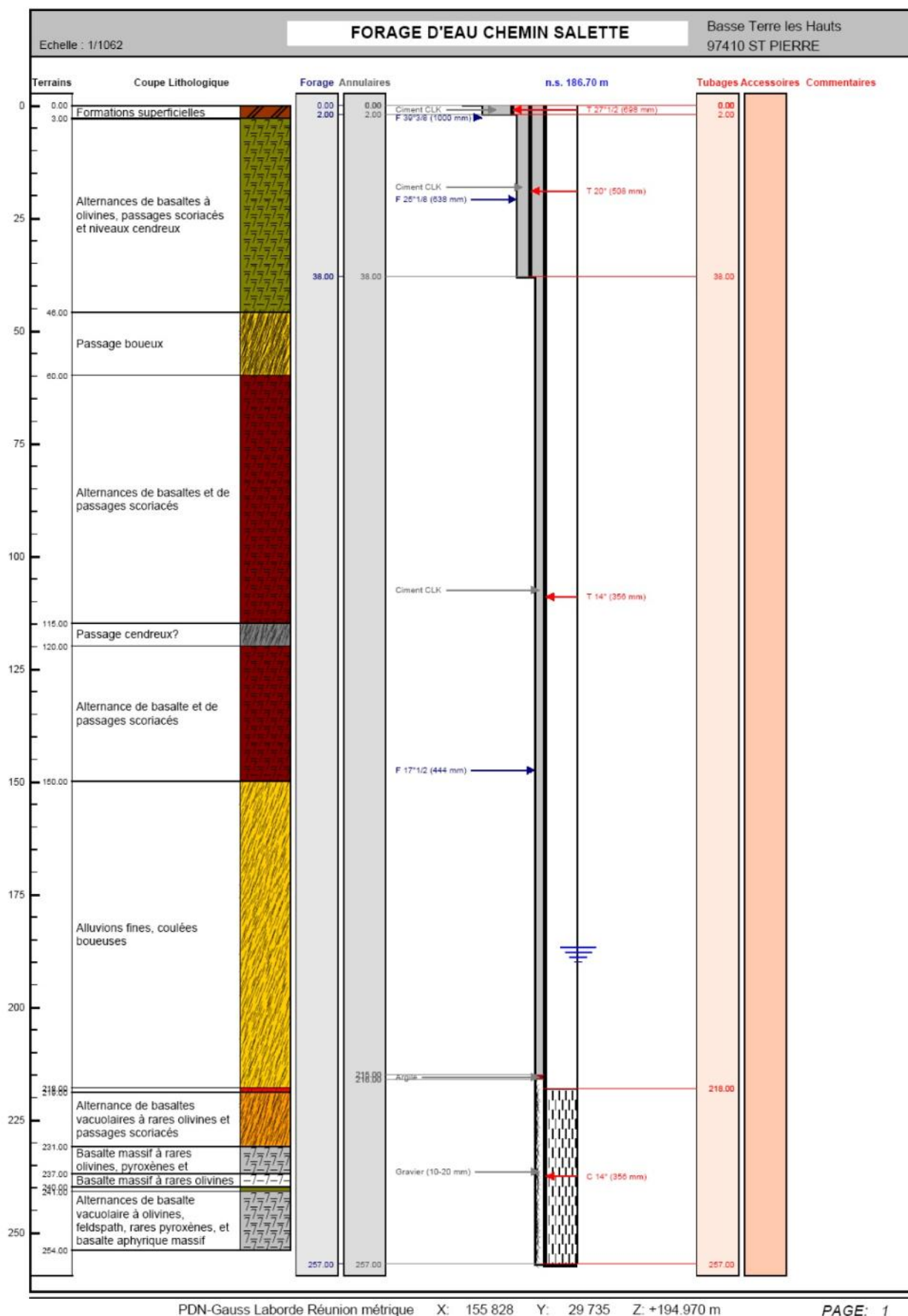
- Interprétation hydrogéologique des données de géophysique aéroportée sur le secteur de Pierrefonds. BRGM, 2016.
- Qualité de l'eau et assainissement en France. Rapports d'office parlementaire. Gérard MIQUEL, 2003.
- Bulletins climatologiques mensuels, 974 La Réunion, de Janvier 2024, Février 2024, Mars 2024, Avril 2024, Mai 2024, juin 2024, février 2025 et mars 2025. Météo France.

[illegible]

Annexe 3 : Plan d'équipement du forage Ligne Paradis

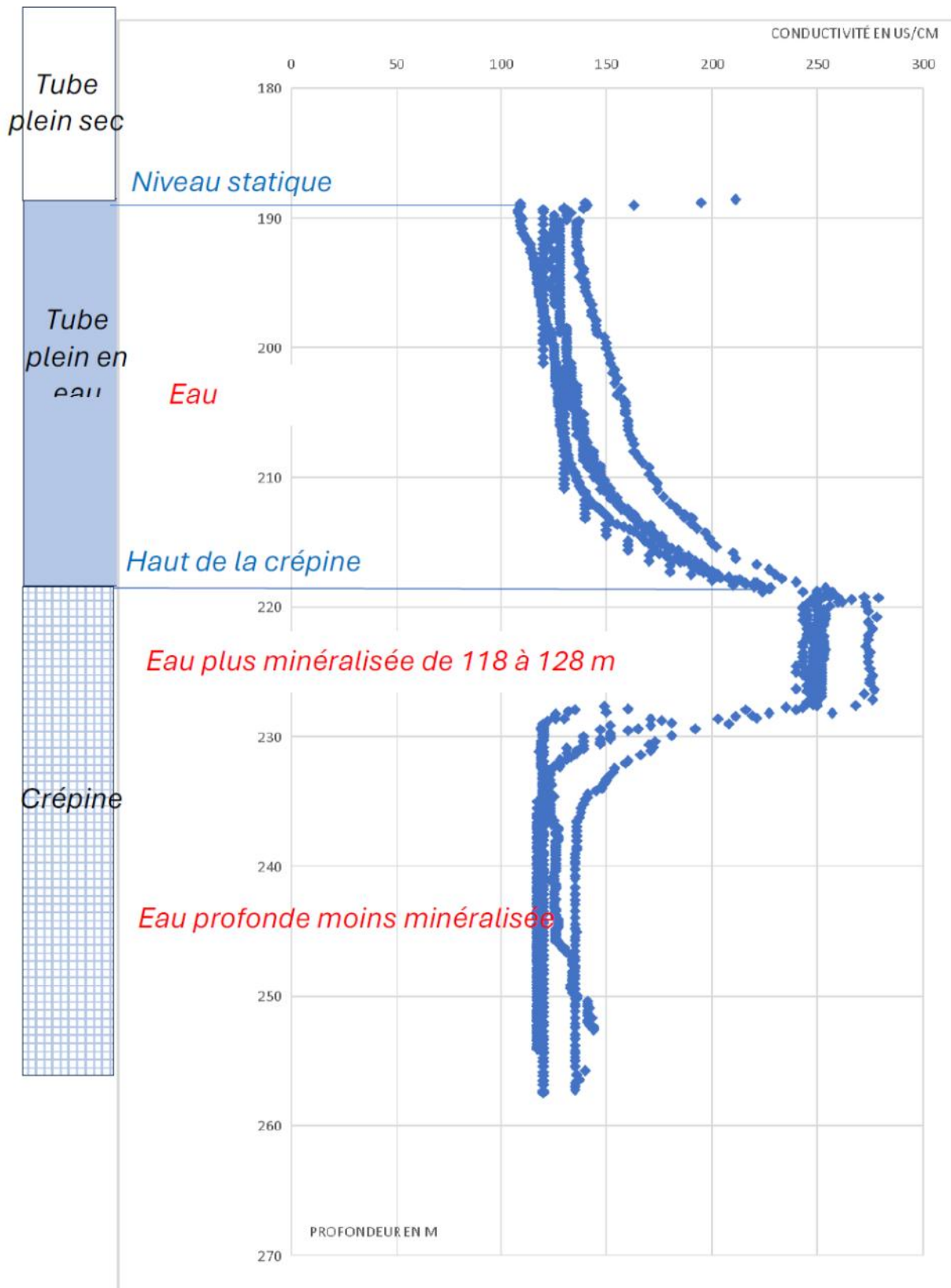


Annexe 4 : Coupe lithologique et technique du Forage Ligne Paradis (source Antéagroup, 2014)



Annexe 5 : Logs Conductivité réalisés par l'OLE en 2013 et 2014 (Artélia, 2025)

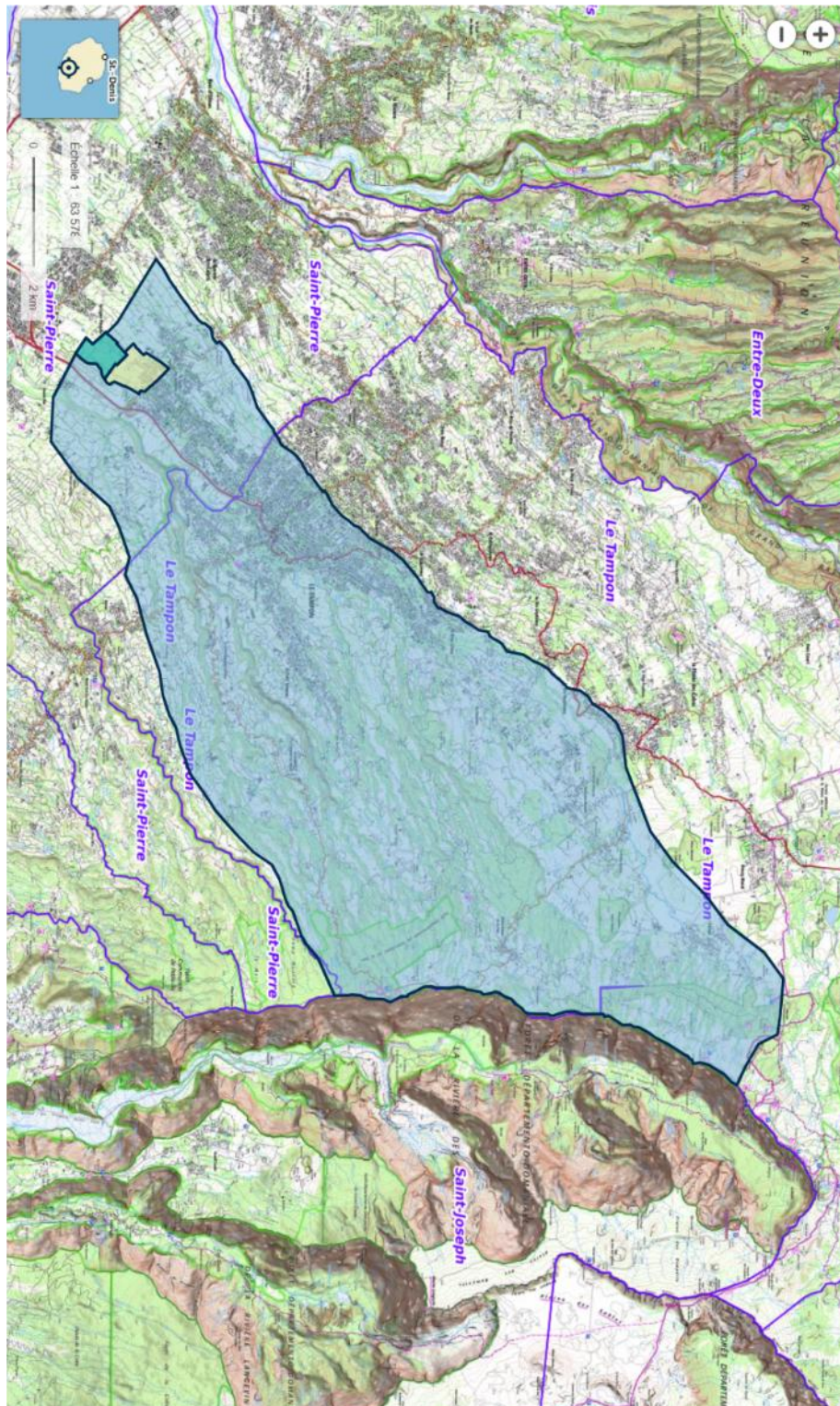
Log de conductivités réalisés le 24/07/2013, 27/08/2013, 18/02/2014, 19/03/2014 et le 27/11/2014, lorsque le forage n'était pas exploité.



Annexe 6 : Le Périmètre de Protection Rapprochée



Annexe 7 : Le Périmètre de Surveillance Renforcée



ANNEXE D
ARRETE PREFECTORAL N°2024-
198/SG/SCOPP DU 26 JANVIER 2024
AUTORISANT LE CONSEIL
DEPARTEMENTAL A UTILISER EN VUE
DE LA CONSOMMATION HUMAINE
D'EAU DU FORAGE LIGNE PARADIS



Direction de la Veille et la Sécurité
Sanitaire – Santé et Milieux de Vie
Service Santé Environnement

Le Préfet de La Réunion

à

Affaire suivie par :
Jérôme BENOIT et Cécile AGUILAR
Tél : 02 62 97 93 93
Mél : cecile.aguilard@ars.sante.fr
jerome.benoit@ars.sante.fr

Monsieur le président du Conseil Départemental
Direction de l'Agriculture et de l'Eau
2 rue de la Source
97488 Saint Denis

Réf. : N° 0262 ARS/SE/JBE/CA

P. J. : Arrêté préfectoral autorisant temporairement l'utilisation du forage Ligne Paradis

OBIET : Autorisation temporaire et exceptionnelle d'utiliser, en vue de la consommation humaine, le forage Ligne Paradis, situé sur la commune de Saint-Pierre.

Monsieur le Président,

Suite passage du cyclone BELAL sur l'île de la Réunion, la production et distribution d'eau destinée à la consommation humaine est perturbée, notamment sur la micro-région Sud. En effet, l'arrêt de l'exploitation des captages d'eaux superficielles du Bras de la Plaine et du Bras de Cilaos, fragilisent l'adduction d'eaux brutes sur plusieurs communes du sud du département.

En date du 26 janvier 2024, le Conseil Départemental a sollicité une demande d'utilisation exceptionnelle et temporaire du forage Ligne Paradis, situé sur la commune de Saint-Pierre. Cette nouvelle mobilisation de ressource en eau a pour objectif de sécuriser l'adduction en eau des périmètres irrigués du sud, fortement fragilisés suite aux dégradations météorologiques liés aux passages du cyclone BELAL et de la tempête tropicale Candice. Cette demande d'autorisation vise à renforcer l'approvisionnement en eau brute des communes de Saint-Pierre et du Tampon pour la production d'eaux destinées à la consommation humaine.

Aussi, considérant :

- L'arrêté préfectoral n°2021-1564/SG/DCL du 11 août 2021 autorisant le prélèvement, au titre du code de l'environnement, des eaux à partir du forage Ligne à hauteur d'un débit maximal de 150 m³/h pour une durée de 19 heures par jour,
- les résultats des prélèvements réalisés le 23 novembre 2023 ;
- l'engagement du Conseil Départemental à reprendre et finaliser la procédure d'instauration des périmètres de protection autour du forage Ligne Paradis ;
- le respect des conditions prévues par l'article R1321-9 du Code de la Santé publique, relatif à la mises en œuvre d'autorisation exceptionnelle en vue de sécuriser la distribution d'eau

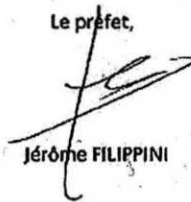
Je vous prie de trouver ci-joint l'arrêté préfectoral vous autorisant de façon temporaire et exceptionnelle à utiliser le forage Ligne Paradis. Cette autorisation est valable 6 mois et renouvelable une fois.

Avant la mise en exploitation effective du forage Ligne Paradis, je vous remercie de bien vouloir informer l'Agence Régionale de Santé de la Réunion. Aussi, il vous est demandé, au préalable, d'assurer un nettoyage et une vidange de la colonne d'eau du forage (3 fois le volume d'eau) avant toute mise en distribution.

Mes services se tiennent à votre disposition pour toute demande de complément.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes salutations distinguées.

Le préfet,


Jérôme FILIPPINI

Copie :

- Sous-préfecture de Saint Pierre
- DEAL
- SAPHIR
- CIVIS
- CASUD
- Runéo
- SUDEAU
- Office de l'eau Réunion

Saint-Denis, le 26 janvier 2024

Arrêté N°2024-198/SG/SCOPP

Autorisant temporairement Le Conseil Départemental à utiliser en vue de la consommation humaine l'eau du forage Ligne Paradis (BSS002PKCG) situé sur la commune de Saint-Pierre

LE PRÉFET DE LA RÉGION RÉUNION

- VU** le code de la santé publique, notamment les articles L. 1321-1, L.1321-2 et suivants ; R.1321-1 à R.1321-36 ; et D. 1321-103 à D. 1321-105 ;
- VU** l'arrêté ministériel du 30 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique ;
- VU** l'arrêté du 30 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 20 juin 2007 relatif à la constitution du dossier de demande d'autorisation d'exploiter une eau de source ou une eau rendue potable par traitement à des fins de conditionnement ;
- VU** l'arrêté préfectoral n°2021-1564/SG/DCL du 11 août 2021 relatif au prélèvement d'eau dans le milieu naturel à partir du forage « Ligne Paradis » (n°BSS002PKCG) situé sur la commune de Saint-Pierre et portant pour le département de la Réunion autorisation de prélèvement d'eau dans le milieu naturel au titre du code de l'environnement ;
- VU** le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) approuvé par arrêté préfectoral n° 2022-596/SG/SCOPP/BCPE du 29 mars 2022, en particulier ses dispositions 2.2.2 « mobiliser de manière optimisée la ressource en fonction de la quantité et la qualité disponible via une gouvernance adaptée et la mise en œuvre d'infrastructures structurantes et le renforcement de l'interconnexion » et 2.3.1 « achever la mise en place des outils de protection pour l'alimentation en eau potable » ;
- VU** le schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE Sud) approuvé le 19 juillet 2006 ;
- VU** le rapport d'analyse de l'eau prélevée à partir du forage Ligne Paradis en date du 22 novembre 2023 ;
- VU** l'avis sanitaire de l'hydrogéologue agréé en date du 21 octobre 2018 ;
- VU** la demande du Conseil Départemental du 26 janvier 2023 ;
- VU** la destination et les raisons de la demande d'autorisation temporaire d'utilisation de l'eau du forage Ligne Paradis en vue de la consommation humaine ;

- CONSIDERANT** que les captages d'eaux superficielles du Bras de la Plaine et du Bras de Cilaos sont à l'arrêt suite au passage du cyclone BELAL sur le département de la Réunion ;
- CONSIDERANT** que le forage Ligne paradis est un ouvrage de secours pour pallier aux manques de ressources sur les périmètres du bras de Cilaos et Bras de la Plaine ;
- CONSIDERANT** l'urgence pour le Département de pouvoir disposer d'une ressource complémentaire pour satisfaire les besoins en eaux brutes du Périmètre Irrigué de la Région Sud ;
- CONSIDERANT** les résultats d'analyses du 23/11/2023 sont conformes aux limites de qualité des eaux brutes pour la production d'eau destinée à la consommation humaine ;
- CONSIDERANT** que la procédure de déclaration d'utilité publique et d'instauration des périmètres de protection au tour du forage Ligne Paradis au titre du code de la Santé publique est en cours ;
- CONSIDERANT** que les conditions d'application de la procédure d'autorisation temporaire de l'article R.1321-9 du code de la santé publique sont réunies ;
- SUR** proposition du secrétaire général de la préfecture ;

ARRÊTE :

AUTORISATION PROVISOIRE ET OBJET DE LA DÉROGATION

ARTICLE 1^{er} : AUTORISATION PROVISOIRE

Le Conseil Départemental est autorisé à distribuer en vue de la consommation humaine, l'eau brute issue du forage Ligne Paradis (BSS002PKCG) situé sur la commune de Saint-Pierre.

La présente autorisation vaut dérogation à l'obtention des autorisations exigées par les articles L.1321-7 et R.1321-6 du code de la santé publique ainsi qu'aux dispositions de l'article L.1321-2 du code de la santé publique.

ARTICLE 2 : DURÉE DE VALIDITÉ

La présente autorisation provisoire est accordée pour une durée maximale de six (6) mois à compter de la date de notification du présent arrêté.

Cette autorisation peut être renouvelée une (1) fois.

ARTICLE 3 : MESURES DE PROTECTION

Le Conseil Départemental doit veiller à la protection du captage et en particulier vérifier très régulièrement l'absence de sources potentielles de pollutions, au niveau du forage et sur les terrains environnants.

Une clôture et un portail sont installés autour du forage, du réservoir et de la station de pompage.

Un dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique doit être déposé en préfecture, dans un délai de six (6) mois, à compter de la date de publication du présent arrêté, afin de finaliser la procédure réglementaire d'autorisation et d'instauration des périmètres de protection du forage Ligne Paradis.

DISTRIBUTION DE L'EAU

ARTICLE 4 : MODALITÉS DE LA DISTRIBUTION ET DU TRAITEMENT DE L'EAU

Les eaux brutes prélevées sont d'origine souterraine et rejoignent un réseau d'adduction mixte (mélange d'eaux souterraines et eaux superficielles).

L'utilisation de cette eau, par les intercommunalités ; pour la consommation humaine est subordonnée à la mise en œuvre d'un traitement adapté.

Les réseaux de distribution doivent être conçus et entretenus selon les modalités de la réglementation en vigueur, ou des règles de l'art. Les eaux distribuées doivent répondre aux limites de qualité exigées par le code de la santé publique et ses textes d'application.

ARTICLE 5 : SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'EAU

Le Département et son exploitant SAPHIR, veillent au bon fonctionnement des systèmes de production. Ils assurent un suivi continu de la conductivité afin de prévenir toute contamination de la nappe par de l'eau saumâtre.

Des appareils de mesure en continu situés au niveau du forage sont chargés d'enregistrer les paramètres suivants : Débit instantané, pH, turbidité, conductivité, piézométrie et température.

Le Conseil Départemental et son délégataire organisent un programme d'auto-surveillance incluant notamment :

- La mesure des paramètres pH, conductivité, température ;
- Les analyses bactériologiques et physico-chimiques en tant que besoin.

L'exploitant prévient l'ARS Réunion en cas de variation significative de la valeur des paramètres mesurés ou de dépassement des exigences de qualité.

Les conditions d'application du présent arrêté peuvent être révisées en fonction de la situation rapportée.

ARTICLE 6 : CONTRÔLE SANITAIRE DE LA QUALITÉ DE L'EAU

La qualité des eaux du forage est contrôlée selon un programme défini par la réglementation sanitaire en vigueur. Les frais d'analyses et de prélèvements sont à la charge de la personne responsable de la production et de la distribution de l'eau selon les modalités et tarifs fixés par la réglementation en vigueur.

Au regard de la mobilisation exceptionnelle du forage Ligne Paradis, le contrôle sanitaire est renforcé, durant toute la durée de sa mobilisation, selon les modalités définies par l'Agence Régionale de Santé de la Réunion.

ARTICLE 7 : DISPOSITIONS PERMETTANT LES PRELEVEMENTS ET LE CONTRÔLE DES INSTALLATIONS

Le réservoir de stockage de la ressource est équipé d'un robinet de prise d'échantillon d'eau brute.

Les canalisations en sortie des réservoirs sont équipées d'un robinet de prise d'échantillon d'eau traitée en départ de distribution.

Les agents des services de l'Etat (ARS Réunion, DEAL) ont accès en permanence aux installations couvertes par la présente autorisation provisoire.

Les exploitants responsables des installations sont tenus de leur laisser à disposition le registre d'exploitation.

DISPOSITIONS DIVERSES

ARTICLE 8 : RESPECT DE L'APPLICATION DU PRÉSENT ARRÊTÉ

Le bénéficiaire de la présente autorisation est responsable de l'application de cet arrêté relatif au forage.

ARTICLE 9 : NOTIFICATIONS ET PUBLICITÉ DE L'ARRÊTE

Le présent arrêté est notifié au président du Conseil Départemental en vue de sa mise en œuvre, de sa mise à disposition au public, et de l'affichage en mairie de Saint-Pierre pendant une durée d'un mois.

ARTICLE 10 : DÉLAI ET VOIES DE RECOURS

Le présent arrêté peut faire l'objet d'un recours gracieux auprès du préfet de La Réunion dans un délai de deux mois à compter de sa notification. L'absence de réponse dans un délai de deux mois vaut décision implicite de rejet.

Le présent arrêté peut également faire l'objet d'un recours hiérarchique auprès du ministre chargé de la santé (Direction générale de la santé- 14, avenue Duquesne, 75350 Paris 07 SP) dans un délai de deux mois à compter de sa notification. L'absence de réponse dans un délai de deux mois vaut décision implicite de rejet.

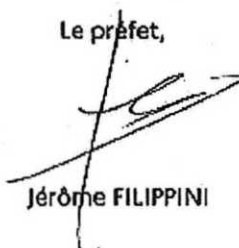
Un recours contentieux peut être déposé auprès du tribunal administratif de Saint Denis de La Réunion (27, rue Félix Guyon - BP 2024 - 97488 SAINT-DENIS CEDEX), également dans le délai de deux mois à compter de la notification, ou dans le délai de deux mois à partir de la réponse de l'administration si un recours administratif a été déposé.

La juridiction administrative compétente peut aussi être saisie par l'application Télérecours citoyens accessible à partir du site www.telerecours.fr.

ARTICLE 11 : EXÉCUTION

Le secrétaire général de la préfecture, le sous-préfet de SAINT-PIERRE, le président du Conseil Départemental, le Maire de la commune de Saint-Pierre, le Président de la CIVIS, le Président de la CASUD, le directeur de l'environnement, de l'aménagement et du logement de la Réunion, le directeur général de l'agence régionale de santé La Réunion, sont chargés chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au recueil des actes administratifs de la Préfecture de la Réunion.

Le préfet,

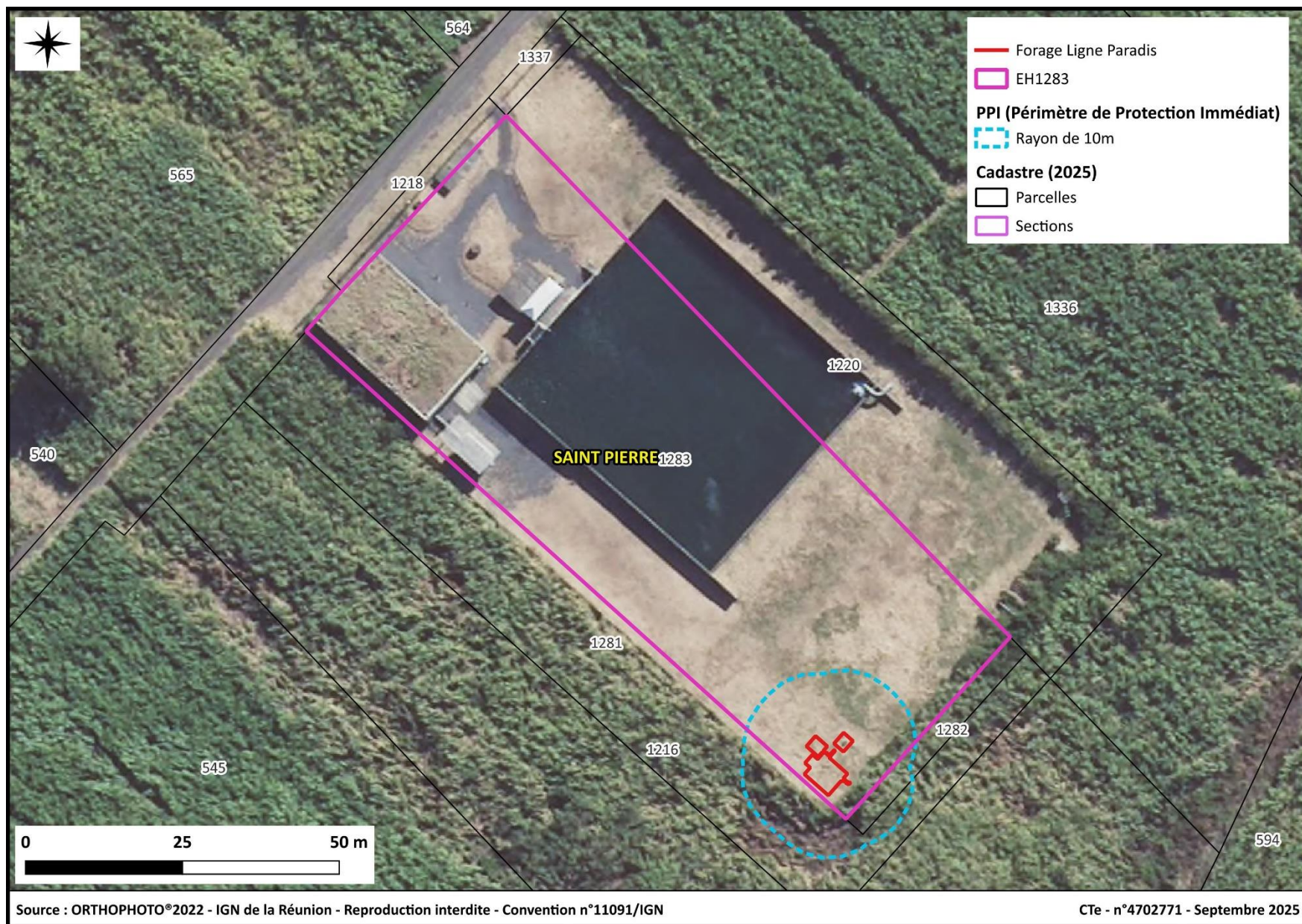


Jérôme FILIPPINI



ANNEXE E

PLAN CADASTRAL ASSOCIE AU PERIMETRE DE PROTECTION IMMEDIATE DU FORAGE LIGNE PARADIS

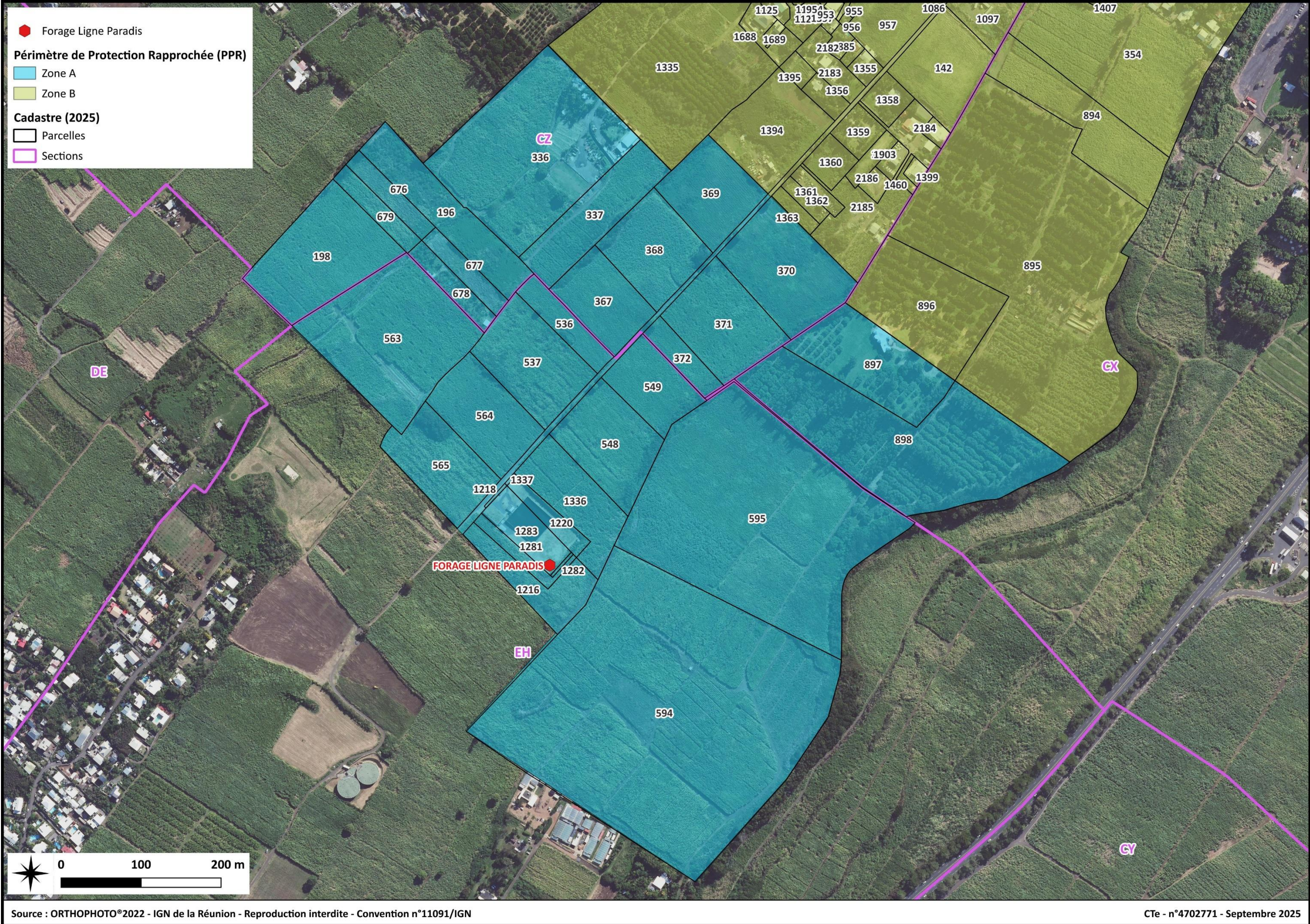


Dossier d'autorisation au titre du code de la santé publique
DECLARATION D'UTILITE PUBLIQUE (DUP) POUR L'INSTAURATION DES PERIMETRES DE PROTECTION DU FORAGE LIGNE PARADIS



ANNEXE G

PLAN CADASTRAL ASSOCIE AU PERIMETRE DE PROTECTION RAPPROCHEE DU FORAGE LIGNE PARADIS – ZONE A





ANNEXE H

PLAN CADASTRAL ASSOCIE AU PERIMETRE DE PROTECTION RAPPRCHEE DU FORAGE LIGNE PARADIS– ZONE B

