

DEPARTEMENT DE LA RÉUNION

COMMUNE DE SAINTE ROSE

ANALYSE MULTICRITERE DES DIFFERENTES SOLUTIONS ET SCENARII A ENVISAGER POUR L'ASSAINISSEMENT AUTONOME DES SANITAIRES DU PAS DE BELLECOMBE



Maître d'Ouvrage

Département de la Réunion

Version : v1.1 – 15/09/2025

SOMMAIRE

1. CONTEXTE DE L'ANALYSE.....	3
1.1. Site	3
1.2. Demande du Département	3
1.3. Contexte et enjeux	3
2. SCENARIOS	5
2.1. Installations actuelles.....	5
2.2. Scénario 1	5
2.3. Scénario 2	6
2.4. Scénario 3	6
3. ANALYSE MULTICRITERE.....	6
3.1. Critères et pondération proposée	6
3.2. Notation	7
3.3. Analyse qualitative détaillée.....	8
3.4. Proposition de trajectoire décisionnelle.....	9
3.5. Estimation d'ordre de grandeur	11
4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	12
4.1. Conclusion	12
4.2. Pour aller plus loin.....	12

1. CONTEXTE DE L'ANALYSE

1.1.Site

La présente analyse a été commandée par le DEPARTEMENT REUNION, dans le cadre de la réalisation de l'assainissement autonome des toilettes publiques du Pas de Bellecombe dans la commune de Sainte Rose.

Le projet est implanté sur la route forestière du volcan au niveau du Pas de Bellecombe Jacob

La zone du projet se situe dans une zone non desservie par un réseau de collecte des eaux usées. Le projet est réglementé par l'arrêté du 24 août 2017 modifiant l'arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement, à l'exception des installations d'assainissement recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO₅.

La filière d'assainissement choisie devra permettre de traiter les rejets de 66 EH.

1.2.Demande du Département

La demande du Département consiste en une analyse multicritère des différentes solutions d'assainissement autonome pour les sanitaires modulaires installés sur le site du Pas de Bellecombe.

1.3.Contexte et enjeux

- Des **sanitaires modulaires** sont en service depuis près de 3 ans (réception le 15 septembre 2022)
- Fonctionnement actuel :
 - **Eau propre livrée** par camion et **stockée** en cuves (10 m³).
 - **Eaux usées stockées** en cuves (10 m³) puis **évacuées** par camion : environ 10 camions par mois
- Une solution **par filtres plantés** (végétaux existants sur site) a été **validée par le SPANC en date du 20/03/2024** (pour une demande déposée le 7/07/2023).
- **Sensibilité forte du site** (Situé dans le Parc National Réunion, biodiversité, sols volcaniques particuliers, fréquentation touristique très élevée (400 000 touristes) , contraintes d'accès et de

stationnement), surface disponible pour les installations d'assainissement réduites. Zone inondable en zone cyclonique.

- **Scepticisme du Parc National** quant à la **pérennité** du filtre planté.

1/ Enjeux clés :

1. **Conformité réglementaire** (SPANC, zonage, distances, déversement, réutilisation éventuelle).
2. **Robustesse** face aux **variations de charge** (saisons, pics journaliers, éruptions volcaniques).
3. **Impacts environnementaux** minimisés (sols, eaux, biodiversité, bruit/odeurs, empreinte carbone – camions).
4. **Autonomie énergétique** / sobriété (site isolé).
5. **Exploitation et maintenance** (logistique).
6. **Coût sur 15 ans** (investissement + exploitation/maintenance).
7. **Possibilité de réutiliser** l'eau filtrée

2/ Situation actuelle :

1. **Fréquentation** : 400 000 touristes
2. **Débit journalier des sanitaires** : 10 000 litres
3. **Potentiel d'eau de pluie par an** : 18 m
4. **Alimentation électrique** : Installation photovoltaïque de 3,96 kWc + batterie de 11 kWh
5. **Perméabilité du sol** : Excellente ($50 < k < 200$) : impossibilité de saturer les terrains (Rapport GEISER GE195410 du 15/03/2022) *

* Les usagers du site signalent des périodes d'inondation avec des hauteurs d'eau conséquentes sur la zone où est prévue l'assainissement autonome.

2. SCENARIOS

2.1. Installations actuelles

S0 – Référence actuelle (cuves + évacuation très fréquente)

- **Principe :**
 - Eau propre livrée dans des cuves de 10 m³
 - Eaux usées stockées dans des cuves de 10 m³ hors sol par pompe de relevage puis évacuées par camion.
- **Forces :** Risque de pollution local très faible si la logistique suit ; pas d'ouvrage d'infiltration ; flexibilité.
- **Faiblesses :**
 - Fort coût d'exploitation,
 - Empreinte carbone importante,
 - Nuisances (bruit/odeurs lors de pompages),
 - Dépendance logistique,
 - Image peu vertueuse en parc national,
 - Pannes fréquentes au niveau de la pompe de relevage suite aux incivilités

2.2. Scénario 1

S1 – Filtres plantés (macrophytes locales) – validé SPANC

- **Principe :** Traitement par lits filtrants plantés avec fosse tampon de 30 m³, répartition de charges, filtration, évacuation finale (infiltration); utilisation de **plantes déjà présentes** sur site (joncs diffus, Houlque).
- **Forces :** Procédé **robuste et passif**, **faible énergie**, bonne résistance aux fluctuations, **intégration paysagère**.
- **Points de vigilance :** Dimensionnement fin (pics), **gestion des boues**, maîtrise des **espèces** (éviter invasives), accès/entretien, **acceptabilité** du Parc (pérennité, emprise).
- **Point bloquant :** Zone régulièrement inondée

2.3.Scénario 2

S2 – Microstation / MBR hors réseau + énergie solaire + UV

- **Principe** : Traitement biologique compact (aération ou membrane) avec alimentation **photovoltaïque** + stockage tampon, **désinfection UV**.
- **Forces** : Très bon **abattement** (DCO, MES, NH_4^+), **rejet de haute qualité**.
- **Point bloquant** : Solution refusée par le SPANC

2.4.Scénario 3

S3 – Filtre compact (média coco/zéolite/laine de roche) sans électricité

- **Principe** : Prétraitement + massif filtrant compact à média spécifique, gravitaire.
- **Forces** : **Emprise réduite**, mise en œuvre rapide, performances stables, **faible énergie**.
- **Points de vigilance** : **Remplacement du média** à terme, sensibilité aux **chocs hydrauliques** si tamponnage insuffisant, suivi périodique.

3. ANALYSE MULTICRITERE

3.1.Critères et pondération proposée

Pondérations proposées (adaptées au **site sensible** et à la **sobriété**). Total = 100 %.

1. **Conformité réglementaire** – 20 %
2. **Robustesse face aux pics / résilience saisonnière** – 15 %
3. **Impact environnemental global** (carbone, camions, biodiversité, odeurs) – 20 %
4. **Autonomie énergétique / sobriété** – 10 %
5. **Exploitation & maintenance** (simplicité, fréquence) – 10 %
6. **Coûts sur 15 ans (investissement + Exploitation)** – 10 %
7. **Possibilité de réutiliser l'eau filtrée** - 15 %

Les pondérations pourront être ajustées en réunion avec le Parc et le SPANC.

3.2. Notation

4) Notation (1 = très défavorable ... 5 = très favorable)

Justification synthétique par critère.

Scénario	Conformité réglementaire (20%)	Robustesse pics (15%)	Impact env. (20%)	Autonomie énergie (10%)	Exploit./Maint. (10%)	Coûts 15 ans (10%)	Possibilité de récupérer l'eau filtrée (15%) *
S0 Cuves + camions	4 (maîtrise des rejets mais risque logistique)	3 (dépend de la flotte)	1 (camions quotidiens)	4 (énergie quasi nulle sur site)	2 (forte logistique)	1 (coûts d'exploitation élevés)	Néant
S1 Filtres plantés	5 (SPANC ok, risque faible si bien dimensionné)	4 (tampons + répartition)	1 (inondation régulière du site)	5 (passif)	4 (entretien simple planifié)	4 (coûts d'investissement élevé, coûts d'exploitation faibles)	4 (eau bien traitée, possible réutilisation après affinage)
S2 Microstation/ MBR PV	4 (qualité rejet élevée, mais plus sensible aux variations de charge)	3 (sensibilité intermittence)	2 (consommation électrique continue, composants électromécanique, vidanges fréquentes)	2 (dépendance électrique PV/batteries)	3 (maintenance qualifiée, visites régulières obligatoires, vidanges plus fréquentes)	3 (Coût d'investissement et coûts d'exploitation élevés)	3 (eau de bonne qualité mais variable, nécessite traitement complémentaire)
S3 Filtre compact	4 (Conforme et éprouvé, remplacement de médias au bout de 10-15 ans)	4 (stable, peu sensible aux variations)	4 (Faible bilan carbone, sauf lors du renouvellement du média)	5 (autonome)	5 (faible maintenance, inspections simples, vidanges espacées)	4 (coût d'investissement élevé, coût d'exploitation faible, mais renouvellement du média à environ 12 ans)	5 (très bonne qualité de filtration)

* Réutilisation uniquement pour les chasses d'eau.

Scores pondérés (sur 100) – calcul indicatif :

- S0 ≈ 43
- S1 ≈ 74

- $S2 \approx 58$
- $S3 \approx 87$

Lecture : S3 ressort en tête, S1 proche derrière. S0 (référence) et S2 (microstation) sont moins pertinents dans ce contexte.

3.3. Analyse qualitative détaillée

S3 – Filtre compact (recommandation n°1)

- **Atouts** : Solution performante, fiable, faible emprise, mise en œuvre rapide, très bonne qualité d'effluent, faible maintenance.
- **Vigilances** : **tampon** indispensable (pics), **média** à renouveler (5–10 ans typique suivant marque/usage), suivi périodique.

S1 – Filtres plantés

- **Conditions de réussite** :
 - Calage **hydraulique** avec **tampon journalier** (régime fréquentation/pics) + **répartition** par bâchées.
 - Choix d'**espèces locales déjà présentes** (éviter invasives), **plan de gestion** (fauche/curage, renouvellement 5–10 ans).
 - **Gestion des boues** : décantation primaire + filière d'acceptation/évacuation annuelle/pluriannuelle.
 - **Saison sèche** : irrigation d'appoint du lit si besoin (recyclage effluent traité) pour préserver le couvert végétal.
 - **Surveillance** : turbidité/MES simple, **carnet d'exploitation** + visite trimestrielle.
- **Avantages** :
 - Procédé **passif, robuste**, compatible site sensible, **intégration paysagère**.
 - **Réduction forte** des camions (eaux grises traitées sur place ; eaux noires à traiter selon option retenue).
- **Points d'attention** :

- **Emprise** au sol (à intégrer dans le paysage), **protection** (clôture discrète), gestion faune.
- **Incompatibilité si dès que l'eau monte au-dessus du pied du massif même ponctuellement (zone inondée en saison des pluies)**

S2 – Microstation/MBR PV

- **Atouts** : effluent de **qualité élevée**, désinfection possible.
- **Vigilances** : **énergie/maintenance** non négligeables, forte variabilité de charges défavorable, coût et **complexité**.

S0 – Référence actuelle

- **Constats** : solution **fonctionnelle** mais **peu soutenable** (carbone, coûts, nuisances) et **dépendante** de la logistique.

3.4. Proposition de trajectoire décisionnelle

Au regard des contraintes identifiées (techniques, réglementaires, environnementales, financières et organisationnelles), il est recommandé de suivre une trajectoire de décision en plusieurs étapes, permettant de sécuriser le choix définitif tout en minimisant les risques d'interruption de service.

1. Vérifier les contraintes structurantes du site

Objectif : éliminer les solutions techniquement incompatibles avant d'aller plus loin.

- Site inondable en saison des pluies → contrainte majeure.
- Hauteur de submersion indiquée > 1,20 sur plusieurs jours.
- Déterminer si un ouvrage de traitement peut :
 - être posé hors d'eau ou non,
 - supporter une pression hydrostatique,
 - rester accessible pendant les crues.

Décision :

Le filtre planté est éliminé car le massif ne peut pas être surélevé.

2. Sélection restreinte basée sur la résilience aux inondations

Solutions : Résilience en zone inondable

- Microstation : Moyenne si équipement hors d'eau
- Filtre compact coco : Excellente

Décision :

Les deux solutions ci-dessus sont possible avec des adaptations à prévoir pour la microstation.

3. Analyse opérationnelle (exploitation, maintenance, énergie)

- Filtre compact coco
 - Pas d'aération mécanique → très faible dépendance énergétique.
 - Média coco à remplacer tous les ~12 ans.
 - Très faible maintenance.
 - Très bonne stabilité aux variations de charge.
- Microstation
 - Dépendance totale à l'électricité pour le traitement.
 - Sensible à l'inoccupation (perte d'activité bactérienne).
 - Vidanges plus fréquentes.
 - Exige des visites plus rapprochées.

4. Vérification des performances attendues (réutilisation de l'eau)

Notes obtenues :

- Filtre compact coco : 5/5
- Microstation : 3/5

Le filtre compact produit une eau beaucoup plus stable en MES et DBO, ce qui facilite l'aval.

Critère discriminant : en faveur du filtre compact coco

5. Analyse économique sur 15 ans

Les deux options sont proches en investissement, mais :

- Filtre compact coco
 - Coûts d'exploitation faibles
 - Coût ponctuel du renouvellement du média
- Microstation
 - Coût électrique annuel
 - Maintenance plus coûteuse

Sur 15 ans, le **Filtre compact coco reste moins coûteux** dans la majorité des scénarios.

6. Solution recommandée : Filtre compact coco

Justification :

1. **Résilience inondation** : cuve étanche, ancrage simple, tenue hydrostatique → meilleure solution.
2. **Qualité d'effluent stable** → compatible réutilisation.
3. **Robustesse aux variations de charge** → idéal pour les sites saisonniers.
4. **Faible impact environnemental** (coco renouvelable, faible énergie).
5. **Coûts maîtrisés** et maintenance très légère.
6. **Score final multicritère le plus élevé : 87/100**

3.5. Estimation d'ordre de grandeur

Fourchettes indicatives pour un bloc sanitaires très fréquenté (à ajuster après comptage). Les montants incluent ouvrages, pose, raccordements, hors aléas.

- **S3 Filtre compact** : Investissement **130 k€**, Exploitation **7 k€/an** (contrats, média).
- **S2 Microstation/MBR PV** : Investissement **150 k€**, Exploitation **10 k€/an** (énergie/maintenance).

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

4.1. Conclusion

L'analyse multicritère menée sur le dispositif d'assainissement des sanitaires du Pas de Bellecombe met en évidence que la solution par filtres plantés, est fortement pénalisée par l'inondabilité du terrain et ne peut pas être retenue.

La solution du filtre compact coco est l'option la plus économique et la plus adapté au site isolé.

Elle offre plusieurs avantages déterminants :

- Autonomie et réduction des coûts récurrents : suppression des vidanges quotidiennes et des transports associés, avec un entretien maîtrisé.
- Exploitation faible.
- Très bonne tenue en zone inondable
- Média à renouveler mais coût maîtrisé

En conclusion, il est recommandé de :

- Lancer la consultation sur la base d'un DCE pour figer l'enveloppe des travaux.

4.2. Pour aller plus loin

1 / Traitement de l'eau propre acheminée sur site suite au constat de l'encrassement des canalisations et la détérioration des chasses d'eau, par un système de filtration.

2 / Récupération d'eau de pluie

La réfection de la toiture du relai à proximité ouvre la possibilité d'installer un système de récupération d'eau de pluie pour **alimenter partiellement les sanitaires**. Les dispositions clés seraient :

- **Gouttières et descentes** raccordées à une cuve de stockage équipée d'une **préfiltration** (crépine, filtre à feuilles) et d'un **système de trop-plein**.
- **Volume** dimensionné en fonction de la pluviométrie locale et de la surface de toiture.
- **Traitement complémentaire** : réutilisation de la filtration vue en 1/ pour préserver le matériel.
- **By-pass** vers alimentation existante en cas de déficit pluviométrique.

3/ Réutilisation des eaux filtrées du filtre compact coco

Le rejet traité par filtre compact, après **contrôle qualité** (DCO, MES, coliformes), pourrait être **récupéré** et **réutilisé** à :

- **L'alimentation d'un circuit de chasse d'eau dédié** (après désinfection UV). Pour sécuriser cette option :
- Prévoir une **cuve de stockage post-traitement**.
- Installer un **système de désinfection** adapté (UV ou chloration douce).
- Mettre en place un **plan de surveillance** (analyses périodiques).
- Vérifier la **compatibilité réglementaire** avec l'ARS.

L'intégration de ces deux mesures (pluie + réutilisation) contribuerait à réduire fortement la consommation d'eau livrée, renforcer l'autonomie du site, et améliorer l'empreinte environnementale globale du projet.