



UR1468

RÉDUIRE RÉUTILISER VALORISER LES RESSOURCES
DES EAUX RÉSIDUAIRES [REVERSAAL]

➤ Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

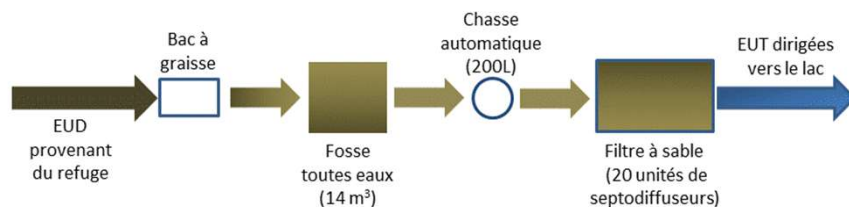
Stéphanie PROST-BOUCLE, Arnold IMIG, Pauline LOUIS, Vivien DUBOIS et Rémi CLEMENT

Rapport ici : <https://hal.science/hal-04772362v1>

➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Contexte

- Système d'assainissement préexistant :
- un bac à graisse
- une fosse septique toutes eaux (14 m³)
- un filtre à sable de type septodiffuseur



→ Système dysfonctionnant : by-pass du filtre à sable colmaté et vidange estivale de la fosse toutes eaux dans le laquet (proche du refuge)

→ Eutrophie du lac

➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Contexte

- Renommée touristique estivale importante (jusqu'à 70 000 visiteurs par an)
 - Source de biodiversité à protéger
- Nécessité de remettre à niveau le système d'assainissement



- Contraintes locales :
 - Fonctionnement réduit sur l'année : juin à septembre, redémarrage chaque été
 - Estimation difficile du nombre de visiteurs (hors refuge)
 - Nature d'eaux à traiter spécifique : eaux ménagères exclusivement
 - Héliportage des matériaux de construction : coûts importants
 - Épaisseur de sol limitée : 30 à 50 cm
 - Intégration paysagère : zone cœur de parc
 - Gestion des boues intégrée
 - Absence de consommation électrique
 - Exploitation simple

➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous



Réglementation applicable

Contexte :

- Maitrise d'ouvrage publique
- Refuges de montagne non-inclus dans les zonages d'assainissement collectif
- Généralement absence de possibilité de rejet en surface (donc infiltration)
- Quantité de pollution à traiter fréquemment $< 1.2 \text{ kg DBO}_5/\text{j}$ (càd $< 20 \text{ EH}$) grâce à la présence des toilettes sèches



- Installation du domaine de l'assainissement non collectif (ANC)
- Obligation de moyens de traitement à minima

Ce n'est pas le nombre de personnes qui fréquentent le refuge qui définit la capacité du système de traitement, c'est la charge polluante à traiter

Contexte particulier (milieu sensible de haute montagne) : objectif zéro rejet

➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Bases de dimensionnement

- Réalisé en 2019 → la fréquentation a fortement augmenté après la crise Covid
- Nombre de randonneurs et quantité de repas confectionnés quotidiennement très variables

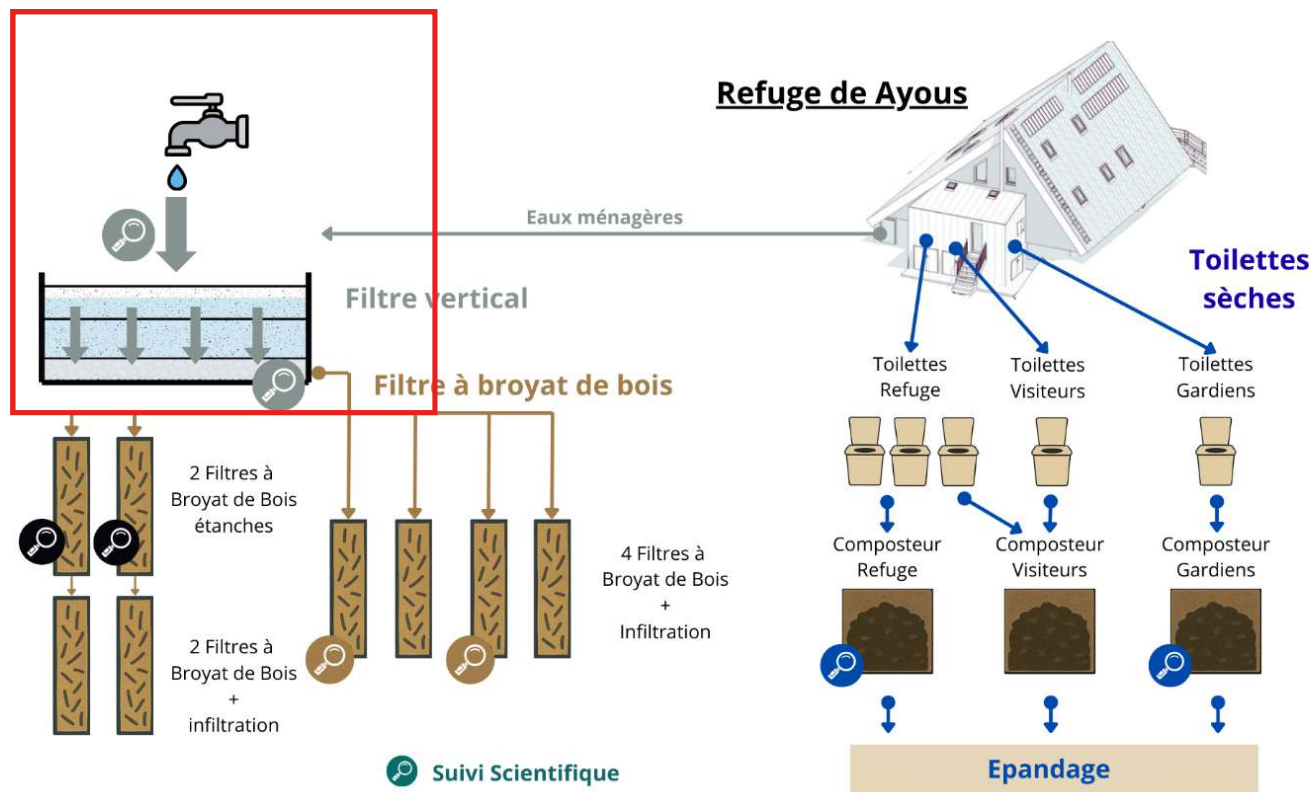
→ Fréquence de passage et mode de fréquentation (repas et/ou nuitée en tente) difficiles à estimer

- Quelles sont les volumes, concentrations et charges de pollution générées (eaux ménagères) par l'activité du refuge ?
- Possibilité de réutiliser la fosse septique déjà en place ?
- Comment gérer les boues d'épuration sur place sans danger pour l'environnement ?
- Comment infiltrer avec une faible épaisseur de sol ?



➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Filière de traitement des excréta et des eaux ménagères



- Nécessité de traiter uniquement les eaux ménagères produites par le refuge : cuisine, lavabos, douches des gardiens

➔ Le traitement exclusif d'eaux ménagères a été expérimenté par une filière qui déroge aux agréments ministériels des dispositifs d'ANC (arrêtés du 27/04/2012 et du 07/03/2012)

➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Details du filtre vertical

- Pas de bac à graisses : alimentation directe en eaux brutes
- Réutilisation de l'ancienne fosse toutes eaux (7.5 m²)
- Absence de poste de bâchées : alimentation contrôlée par l'usage
- 1 seul casier : pas d'alternance d'alimentation/repos
- Granulométrie de la couche filtrante : 3/6 mm
- Aération intermédiaire
- Zone de saturation au fond



➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Végétalisation du filtre vertical ?

- La plantation du filtre avec des roseaux (*Phragmites australis*) n'est pas autorisée dans le Parc National des Pyrénées : espèce non-endémique dont le caractère envahissant peut être préjudiciable aux habitats alentours
- Actions mises en place sur le filtre vertical d'Ayous :
 - Non-planté la 1^{ère} année (2021) : flaquage
 - Planté la 2^{ème} année du suivi (2022) par des orties : test non concluant (à cause du flaquage)



Nécessité de scarifier régulièrement la surface du filtre

→ remplacer l'action mécanique des roseaux (maintien de l'infiltration en cassant la couche de dépôt)

➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Protocole de suivi - Charges hydrauliques

- Compteurs d'eau potable présents sur site : relevés à heures fixes
- Réalisation de bilans 24h (ODACE et INRAE REVERSAAL) :

Manchon déversoir et débitmètre
(pression) sur canalisation
d'arrivée sur le filtre vertical



Equipement du point de prélèvement en
sortie du filtre vertical à l'arrivée sur le FBB
étanché



➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Protocole de suivi - Charges organiques et performances de traitement

- Entrée filtre vertical :

Prélèvement d'échantillons moyens sur 24 heures consécutives avec un préleveur automatique multiflacons isotherme ou réfrigéré, asservi et temps, et reconstitué avec le débit entrant sur le filtre vertical

→ Caractérisation des eaux ménagères domestiques

- Sortie filtre vertical :

Prélèvements asservis au temps (1 échantillon toutes les 6 minutes) avec un préleveur multiflacons réfrigéré, puis échantillons moyen représentatif recomposé grâce au relevé des débits horaires en entrée du filtre vertical

→ Concentrations de sortie et performances de traitement du filtre vertical

➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Problématique de colmatage



Dès la première année :

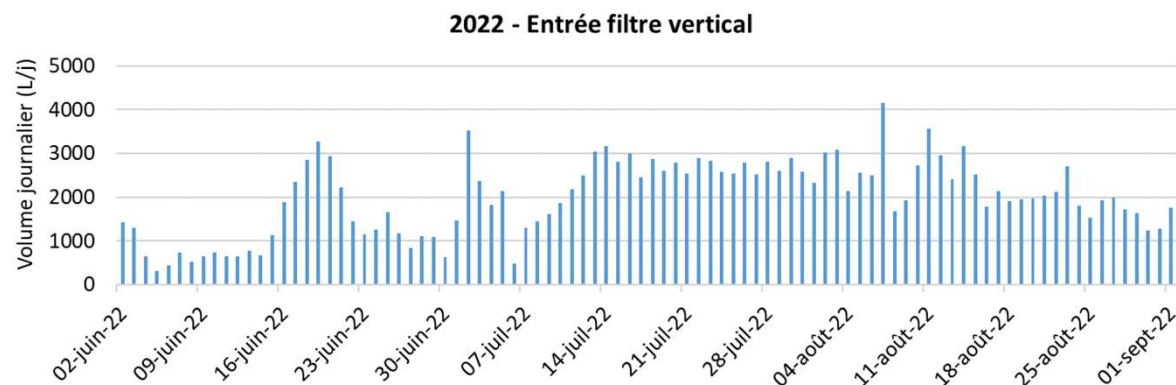
- Colmatage du filtre vertical à partir du mois de juillet
- Flaquage permanent (présence d'eau en permanence en surface)
- Absence de surverse des eaux brutes directement au milieu récepteur
 - Impossibilité d'utiliser la mesure de débit en entrée de filtre
 - Utilisation des données du compteur du refuge pour estimer la consommation d'eau journalière et les volumes envoyés sur l'installation de traitement



➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Résultats - Suivi hydraulique

Volumes journaliers d'eaux ménagères brutes :



Production moyenne
d'eau ménagère brute
par nuitée individuelle :

45 L/pers/jour

(inclut les eaux émises par les randonneurs sans nuitées : dîners sans nuitée, déjeuners et robinet de la toilette extérieure pour le lavage des mains)

Charge hydraulique journalière cumulée envoyée sur le filtre vertical lors des bilans 24h :

- ✓ mesurée entre 11 et 45 cm/j : représentatif d'un fonctionnement normal pour un filtre vertical (37 cm/j ; Molle et al., 2004)
- ✓ flaquages importants constatés : présence d'eau en surface en permanence à partir de mi-juillet en 2021 et à partir de mi-août en 2022



➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Résultats - Concentrations et charges polluantes entrantes

- Eaux usées générées par le refuge = eaux ménagères :
 - Restauration principalement : eaux de cuisine, vaisselle
 - Nuitées : brossage de dents et débarbouillage, douches (réservées aux gardiens)

Charge entrantes (kg/j) :

		DBO5
2021	Moyenne	0,6
	Min	0,4
	Max	0,9
2022	Moyenne	0,8
	Min	0,3
	Max	1,5
Réf. 20 EH pour 60 gDBO5/j/EH		1,2

- Réduction des volume d'eau de de 60% (toilettes sèches + usages raisonnés de l'eau)

→ Diminution la charge entrante sur le filtre vertical (charge estimée d'après les données de la littérature à 2,4 kgDBO5/j avec toilettes à eaux, Ingerle et al, 2000)

➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Résultats - Concentrations et charges polluantes entrantes

Concentrations d'entrée (mg/L) :

		DCO	DBO5	MES	NK	Pt
2021	Moyenne	1912	747	599	30,8	4,9
	Min	908	539	130	17,1	3,0
	Max	4600	903	1400	43,1	7,2
2022	Moyenne	1277	428	253	20,7	4,2
	Min	521	276	95	9,4	1,6
	Max	4131	543	690	58,9	10,4
3 derniers bilans 2022 (flaquage)	Moyenne	554	246	156	8,4	2,2
	Min	418	157	107	4,5	1,2
	Max	716	344	202	13,9	3,1
Réf. eaux ménagères (Eme et Boutin, 2015)		362	221	89	1	4
Réf. eaux usées domesti- ques (Mercoiret, 2010)		646	265	288	67	9,4

DCO 2021 *versus* 2022 :

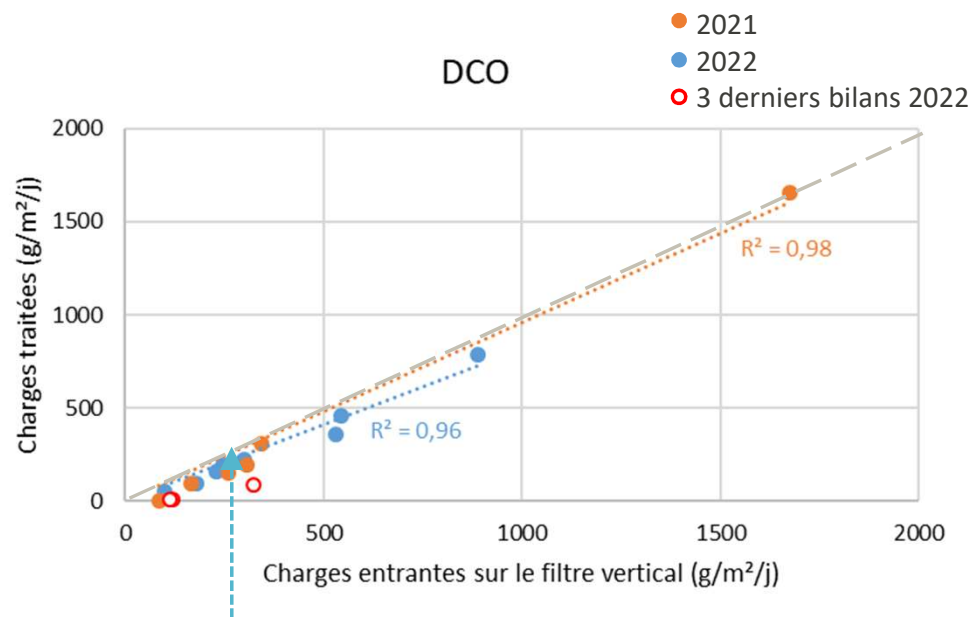
modification des usages en cuisine : cuisson du riz par absorption et sans rinçage pour éviter les volumes d'eau importants générant de l'amidon (surcharge organique → colmatage ?)

→ Effluent typique d'eaux usées domestiques concentrées de temps sec

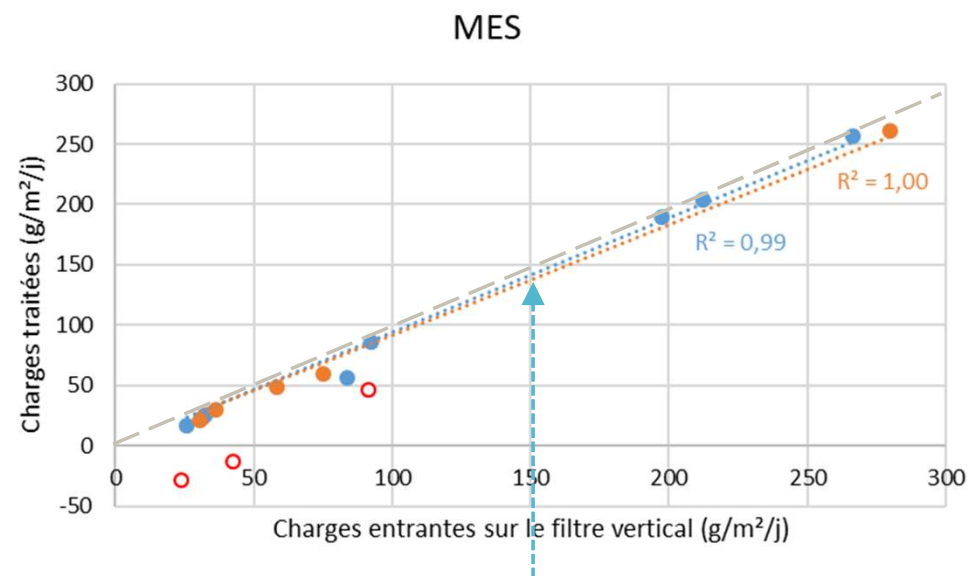
→ Concentrations supérieures aux données de la littérature (excepté N et P)

➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Résultats - Performances du filtre vertical



Charge organique de référence :
350 g DCO/m²/j



Charge organique de référence :
150 g MES/m²/j

→ Charges élevées par rapport à une filière classique de filtre vertical planté

→ Excellente robustesse : performances globalement stables quelle que soit la charge appliquée

➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Résultats - Performances du filtre vertical

Concentrations de sortie du filtre vertical (mg/l) :

		DCO	DBO5	MES	NK	Pt
2021	Moyenne	471	256	56	10,3	1,7
	Min	361	192	35	6,9	0,3
	Max	591	327	82	14,8	3,1
2022	Moyenne	234	84	38	5,9	1,2
	Min	52	10	24	3,5	0,5
	Max	537	191	51	8,9	2,7
3 derniers bilans 2022 (flaquage)	Moyenne	470	148	180	14,5	1,8
	Min	383	70	98	5,0	1,4
	Max	523	190	234	23,5	2,4

Concentrations qui paraissent élevées :
à mettre en relation avec les fortes concentrations
d'entrée

Dysfonctionnement de la filtration (flaquage et by-
pass d'effluents bruts, maque d'O₂)

Rendements du filtre vertical (%) :

		DCO	DBO5	MES	NK	Pt
2021	Moyenne	70	62	83	68	78
	Min	49	47	65	54	73
	Max	89	76	96	79	82
2022	Moyenne	61	65	82	54	53
	Min	2	31	71	5	1
	Max	99	95	93	94	95
3 derniers bilans 2022 (flaquage)	Moyenne	13	41	< 0	< 0	4
	Min	5	22	< 0	< 0	< 0
	Max	27	55	51	< 0	22

Rendements élevés en 2021, davantage variables
en 2022

Flaquage : relargages de MES, azote et phosphore

➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous

Conclusions

- Le dimensionnement est difficile car il repose sur plusieurs hypothèses : fréquentation, qualités d'eaux ménagères produites (charges sous estimées), contraintes de terrain
- **1 seul filtre** alimenté (**pas d'alternance** = aucune période de repos) + **absence de bâchées** + **absence de végétaux**
- Activité de **restauration** + quasi-absence de dilution par des douches + **économies d'eau** ? les eaux usées brutes ne sont pas typiques d'eaux ménagères : **très fortes concentrations** en DCO, DBO₅ et MES

Colmatage partiel (de surface) mais rapide du filtre vertical

Malgré cela :

- **Bonne qualité des effluents en sortie** du filtre vertical face aux concentrations élevées en entrée
- **Robustesse du filtre vertical** : rendements moyens sur 2021 et 2022 de 66 % en DCO, 83 % sur MES et 61 % pour NK (nitrification) en période de fonctionnement normal

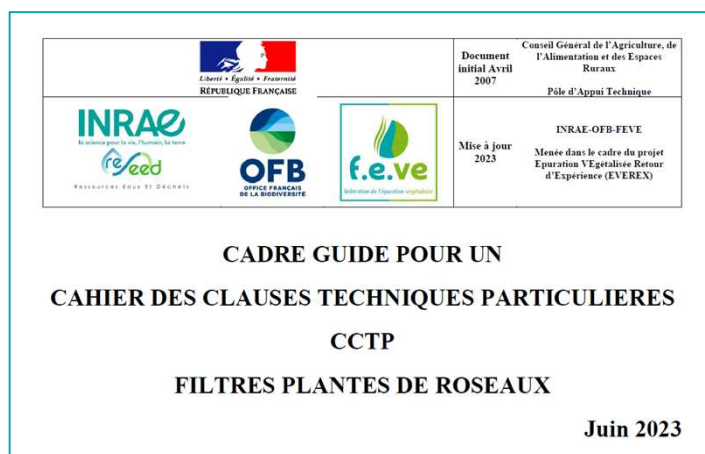
➤ Projet Ayous : Suivi des performances du filtre vertical du refuge d'Ayous



Rappel des règles pour le fonctionnement d'un filtre vertical

Le filtre vertical d'Ayous est alimenté en continu : ce mode de fonctionnement n'est pas classique d'un filtre vertical dont les règles imposent :

- **Une séparation du filtre en plusieurs casiers** : généralement 3 casiers en parallèle au 1^{er} étage
- **Une alternance de périodes d'alimentation/repos** (3.5 jours d'alimentation/7 jours de repos) permettant une gestion de la biomasse épuratrice au sein du massif filtrant et un maintien de la capacité de filtration
- **Une alimentation fractionnée par bâchées** : envoi d'une lame d'eau à suffisante pour une répartition homogène en surface du casier alimenté, permettant un renouvellement en O₂ du filtre entre chaque alimentation et le maintien des performances épuratoires



<https://www.epnac.fr/filiere-de-traitement/filtres-plantes-de-roseaux>



INRAE

Journée de restitution projet Ayous
Septembre 2025

