

PROTOCOLE DE PRELEVEMENTS SUR UN FILTRE PLANTE A ECOULEMENT VERTICAL POUR REALISER LE DIAGNOSTIC D'UN COLMATAGE

version 1



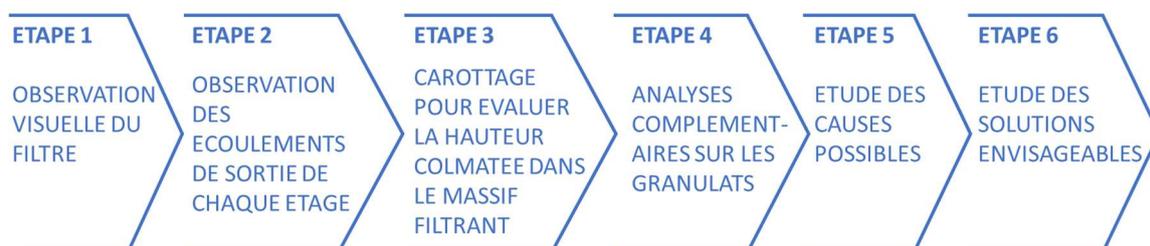
PREAMBULE

La mauvaise infiltration des effluents sur un filtre planté à écoulement vertical de type 1^{er} ou 2^{ème} étage est le reflet d'un colmatage temporaire ou prolongé. Ce dernier peut être qualifié de « colmatage de surface » ou « colmatage en profondeur ».

Un diagnostic est nécessaire pour évaluer la localisation du colmatage, son importance, son éventuelle réversibilité et les solutions de remise à niveau possibles.

Avant la mise en œuvre de ce protocole, toutes les données disponibles sur la station sont importantes à collecter : âge de la station, nom du constructeur, les dernières mesures réglementaires (bilans 24h, débits journaliers, etc., afin de connaître la charge hydraulique et organique reçue), ainsi que les événements importants survenus sur la station et qui peuvent expliquer la formation du colmatage (fortes pluies, curages réalisés...).

Nota - Les informations de document sont adaptées aux filtres à écoulement vertical librement drainés (sans couche de saturation en fond de filtre), garnis de graviers pour le 1^{er} étage et de sables pour le 2^{ème} étage (filière française classique).



Définition du « colmatage »

Forquet (2019) définit le colmatage comme une « réduction de la capacité d'infiltration ne permettant plus d'accepter de nouveaux volumes sur le filtre en fonctionnement et conduisant à un dysfonctionnement de l'installation et/ou à une dégradation importante des performances. La présence de flaquage ne permet pas à elle seule de définir le colmatage. En effet, en période hivernale ou suite à un temps de pluie important, il peut arriver que l'effluent stagne à la surface du filtre entre deux bâchées, voire pendant plusieurs jours après la fin de l'alimentation ».

ETAPE 1 : OBSERVATION VISUELLE DU FILTRE

Présence d'eau en surface (flaquage)

Le flaquage après une alimentation est normal mais la lame d'eau doit théoriquement s'infiltrer entre 2 bâchées.

En hiver (février-mars), un flaquage permanent est parfois observé pendant la période d'alimentation sans que cela ne conduise à un dysfonctionnement de l'ouvrage. Ceci est notamment le cas pour les stations jeunes dont le démarrage a eu lieu en hiver ou les stations en climat particulièrement froid et humide. Cette situation doit néanmoins attirer la vigilance de l'exploitant, notamment si elle est accompagnée de surcharge hydraulique. Il faut s'assurer de l'absence de flaquage pendant la période de repos.

Un flaquage permanent en saisons estivale et automnale n'est pas normal si les végétaux (roseaux) sont correctement développés.



Flaquage important et permanent sur un 2^{ème} étage (©INRAE)

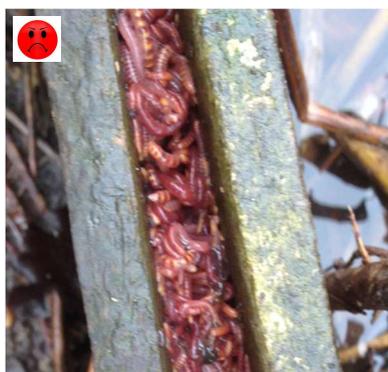


Le flaquage est le phénomène associé au colmatage le plus facile à observer. Son développement intervient assez tard dans le mécanisme de colmatage. Lorsqu'on observe un flaquage permanent, il est donc souvent trop tard pour mettre en place des solutions simples pour ramener le système à l'équilibre. En conséquence, il ne faut pas se fier à ce seul indicateur mais à l'ensemble de ceux présentés ci-après.

Insectes et larves

La formation d'une couche colmatante anoxique, voire anaérobie par endroits, s'accompagne d'une modification de la mésofaune présente dans le filtre.

Durant le colmatage, on peut observer une forte mortalité parmi les vers de terre. Une fois la couche colmatante en place, la présence de larves à queue de rat (larves de la mouche *Eristale*) en surface des filtres n'est pas normale. Elle est le signe d'effluents stagnants, septiques, et de l'absence d'oxygène.



Accumulation de vers de terre dans un drain en sortie d'un FPR colmaté (©INRAE)



Vers de terre dans un dépôt correctement aéré (absence de colmatage) (©INRAE)



Larve à queue de rat (*Eristale*) (©Brian Jones, public domain via Wikimedia Commons)

Végétaux (roseaux) Des conditions septiques peuvent provoquer un mauvais développement des végétaux, par pourrissement des rhizomes.

En l'absence de végétaux, l'infiltration des effluents au travers de la couche de dépôt et du massif filtrant est fortement réduite.

Des algues peuvent également se développer à la surface, donnant au dépôt des colorations verdâtres à rougeâtres.

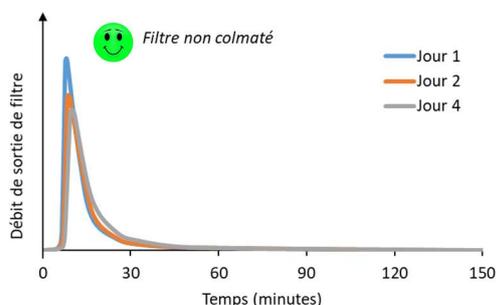


Filtre d'un 1^{er} étage colmaté : mort des roseaux (©INRAE)

ETAPE 2 : OBSERVATION DES ECOULEMENTS DE SORTIE DE CHAQUE ETAGE

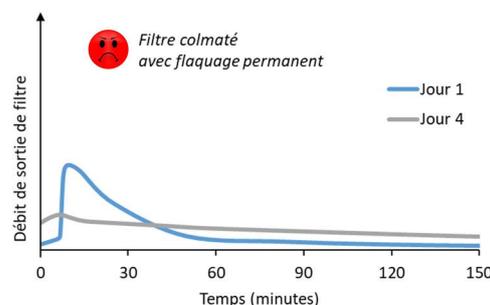
Fonctionnement normal

En sortie de filtre planté à écoulement vertical, la variation du débit de sortie est normale : un pic de débit est observé lorsqu'une bâchée est envoyée, puis le débit diminue au cours du temps (ressuyage du filtre).



Fonctionnement anormal avec colmatage

Si ce débit varie très peu ou reste stable tout au long de la journée, indépendamment des alimentations par bâchées, c'est que les vitesses d'infiltration sont faibles et qu'un colmatage prononcé est présent (en surface ou en profondeur).



ETAPE 3 : CAROTTAGE POUR EVALUER LA HAUTEUR COLMATEE DANS LE MASSIF FILTRANT

ETAPE 3.1

Carottage simple à la pelle manuelle ou au carottier, en cas de colmatage peu profond



ETAPE 3.2

Carottage à la pelle mécanique, pour visualiser davantage le degré du colmatage interne du massif filtrant

Afin d'interpréter les résultats de carottage, il est important de rappeler que l'accumulation de matière au sein du massif filtrant est un phénomène normal dans le cadre du fonctionnement d'un filtre planté. Plus un ouvrage a reçu de charge au cours de sa durée de vie, plus il est susceptible d'avoir accumulé beaucoup de matière en son sein. C'est une accumulation trop rapide et non contrôlée qui est susceptible de conduire au colmatage de l'ouvrage.

Le carottage en pratique sur le terrain :

1. Lors du carottage : éviter de mélanger les couches granulométriques, réaliser des tas de granulats distincts à côté du trou réalisé.
2. Après le carottage : reboucher le trou en prenant soin de le remplir en respectant l'ordre des couches granulométriques pour limiter les passages préférentiels lors de la réalimentation du filtre (le cas échéant). Repositionner des boues en surface du trou s'il y en avait.

Dépôt de surface (boues)

- 1^{er} étage : le dépôt (boues) doit être marron foncé. Une coloration marron clair à blanchâtre reflète une absence d'aération du dépôt et des conditions anoxiques/anaérobies. Durant la période de repos, la formation d'une croûte de surface de quelques millimètres peut également se produire en dessous de laquelle la boue reste plastique avec une forte teneur en eau ce qui est néfaste pour la capacité d'infiltration de l'ouvrage.
- 2^{ème} étage : il ne doit pas y avoir de dépôt. La conséquence de sa présence est le colmatage de surface du sable dont la capacité d'infiltration est faible (pores de taille réduite par rapport aux graviers). La cause de sa présence peut être un by-pass accidentel d'effluents bruts depuis les cheminées d'aération du 1^{er} étage (absence de filtration). Si le 1^{er} étage est colmaté et présente un flaquage très important, il apporte une charge en MES et DCO anormale sur le 2^{ème} étage.



Dépôt colmatant sur un 1^{er} étage (@SDEA 67)



Dépôt blanchâtre colmatant sur un 1^{er} étage (@INRAE)

Granulats Interprétations des observations suite à un carottage :

- En fonctionnement normal de la station, un dépôt est observable dans les 15 à 20 premiers centimètres du massif filtrant. La quantité de dépôt doit diminuer avec la profondeur. Le dépôt doit être de couleur brune et facilement friable. Des racines (et éventuellement des rhizomes) doivent également être observés.
- En présence d'un colmatage interne, différents cas de figures sont possibles :
 - un dépôt noirâtre (voire gris foncé bleuté) est présent en quantité sur toute la hauteur du massif. Ce dernier est usuellement saturé en eau.
 - un dépôt gélatineux est observé au sein du massif filtrant qui occupe toute la porosité sur quelques centimètres de hauteur.

Granulat normalement encrassé

Gravier (@SDEA 67)



Sable (@INRAE)

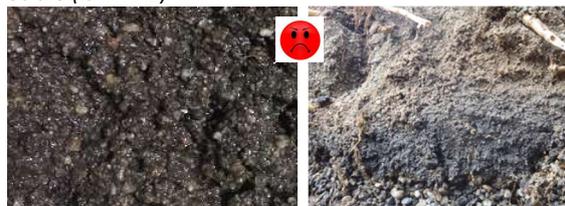


Granulat anormalement encrassé avec colmatage

Gravier (@SDEA 67)



Sable (@INRAE)



Nota : Un carottage peut aussi être remplacé ou complété par une observation à l'aide d'un endoscope (moins destructif que le carottage mais le coût de l'appareil est élevé).

ETAPE 4 : ANALYSES COMPLEMENTAIRES SUR LES GRANULATS

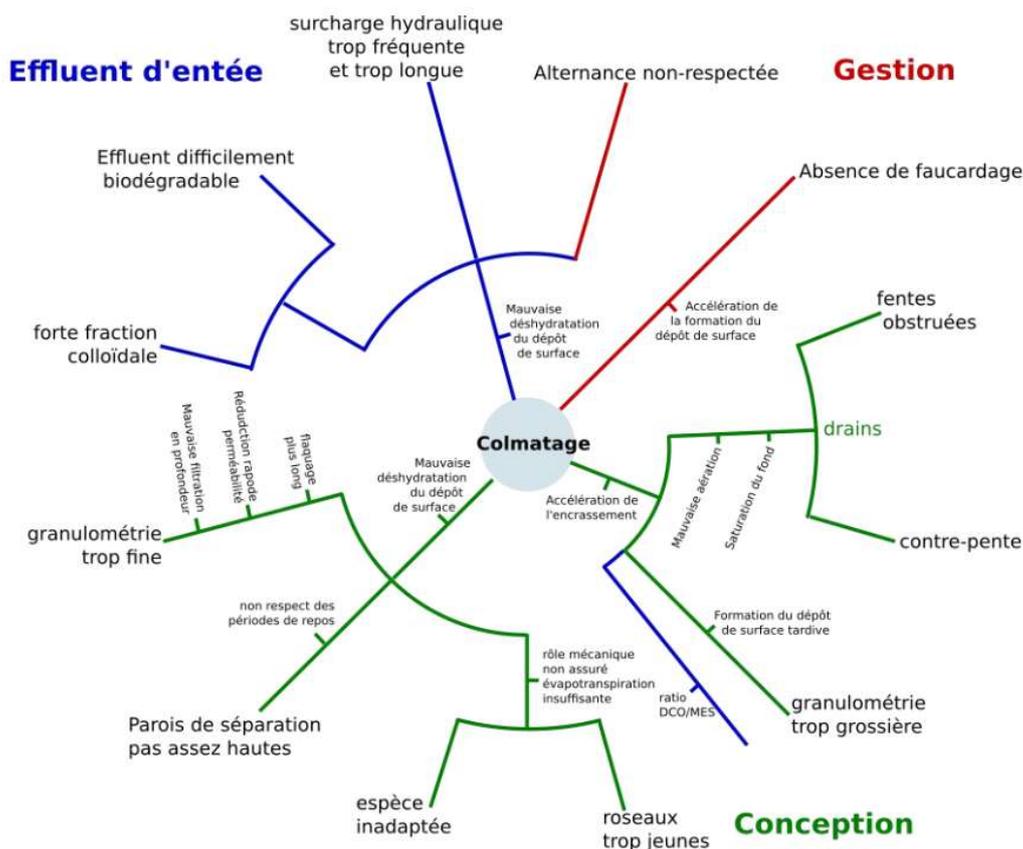
Sur les granulats : analyses granulométriques pour vérifier la taille des granulats en place (CCTP FPR 2023) après lavage et séchage des granulats :

- Graviers du 1^{er} étage : 2 à 6 mm (c'est-à-dire $d_{10} > 2$ mm et $d_{90} < 6$ mm) donc 2-4, 2-6 ou 3-6 mm.
- Sable du 2^{ème} étage : $d_{10} = 0.25$ à 0.40 mm pour des granulats roulés ou 0.30 à 0.45 mm pour des granulats concassés et coefficient d'uniformité $CU < 5$ (d_{60}/d_{10}), teneurs en fines $< 2,4\%$ ($< 63 \mu\text{m}$) et en $\text{CaCO}_3 < 20\%$.

Il n'existe pas à ce jour de mesure standardisée permettant d'évaluer le niveau de colmatage d'un filtre. La mesure la plus courante est l'analyse de MS (matières sèches minérales et organiques, représentant la siccité, en % de l'échantillon de boues) et des MVS (matières volatiles sèches, représentant les matières organiques, en % des MS) sur le dépôt de surface (boues) et les dépôts internes (enlever les graviers, sables et racines). Néanmoins ces résultats ne sont pas facilement interprétables.

ETAPE 5 : ETUDES DES CAUSES POSSIBLES

Forquet (2019) propose un arbre des causes principales du colmatage des filtres plantés :



Vérifier l'historique des charges appliquées à l'installation :

→ Voir les bilans 24h, rapports annuels, enregistrements sur l'automate de la station...

- Des surcharges hydrauliques ont-elles été appliquées : eaux claires parasites permanentes ? événements pluvieux intenses ? mauvais réglages du by-pass en tête de station ?
- Des surcharges organiques ont-elles été appliquées : effluents trop concentrés ? effluents particuliers (fosses septiques, industriels...)

La théorie indique de limiter la charge hydraulique acceptable à 70 cm/j sur le casier en fonctionnement du 1^{er} étage pour le cas des eaux claires parasites ou de recirculation (Arias 2013, CCTP FPR 2023)

Vérifier l'historique de la gestion des filtres :

→ Voir le cahier de vie ou le cahier d'exploitation de la station

- L'alternance d'alimentation/repos a-t-elle été respectée ?
- Les roseaux ont-ils été faucardés chaque année ?

Une rotation des filtres 2 fois par semaine est nécessaire (Prost-Boucle et Forquet 2024)

L'opération annuelle de faucardage des roseaux a lieu préférentiellement à l'automne en climat tempéré (Epnac atelier Guide d'exploitation 2015)

Vérifier la granulométrie des matériaux filtrants :

→ Voir [ETAPE 4](#)

- Les graviers du 1^{er} étage et le sable du 2^{ème} étage sont-ils des granulométries recommandées ?

Les caractéristiques granulométriques à respecter sont indiquées dans le CCTP FPR (2023) → voir [ETAPE 4](#)

Vérifier la conception et l'état des drains en fond de filtres (drainage et oxygénation) :

→ Réaliser un passage de caméra d'inspection

- La taille et la densité des drains sont-elles suffisantes ?
- La pente des drains est-elle correcte ? Y a-t-il des contre-pentes provoquant la stagnation d'effluents en fond de filtre ?
- Les fentes des drains sont-elles orientées vers le bas ?
- La taille des fentes des drains est-elle correcte ?
- Des drains sont-ils cassés ? bouchés ?

Les canalisations doivent être de diamètre 100 mm minimum. La densité des drains doit se situer entre 25 à 45 ml pour 100 m² de filtre (CCTP FPR 2023)

La pente minimale théorique est de 0.5 % (CCTP FPR 2023)

Lombard-Latune et Molle (2017) précisent la position des fentes (voir ci-après)

Les fentes, de 7 à 10 mm de largeur, doivent être positionnées en quinconce tous les 10 à 15 cm (CCTP FPR 2023)

Exemples de photos des drains lors du passage de caméras d'inspection de canalisations :



Drain cassé (@Département de la Loire)



Canalisation obstruée par des racines (@Département de la Loire)



Observation des fentes de drains orientées vers le bas en fond de 2^{ème} étage (@Cholton)

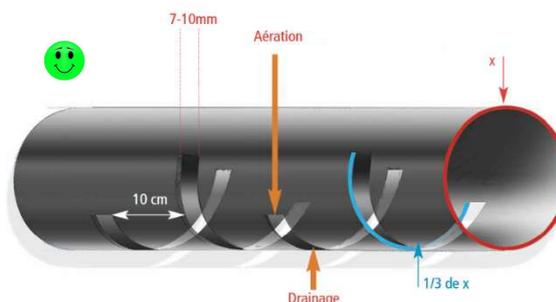


Schéma théorique des canalisations d'aération-drainage (Lombard-Latune et Molle 2017)

Le passage d'une caméra d'inspection (ITV) dans les drains permet également de vérifier la pente de fond du filtre. En cas de pente insuffisante ou de contre-pente, on peut observer une stagnation d'effluents en certains points.

ETAPE 6 : ETUDE DES SOLUTIONS ENVISAGEABLES

Gestion des granulats colmatés par des solutions curatives :

➤ En cas de colmatage de surface :

- Scarification de surface : favorise l'infiltration et le renouvellement en oxygène depuis la surface.
- Curage de la surface du filtre (enlèvement des boues colmatantes).
- En cas de granulométrie trop grossière du premier étage (et donc de colmatage du deuxième étage) : ajout d'une couche de granulats dont la granulométrie est adaptée.
- En cas de granulométrie trop fine : enlèvement de la couche de granulats pour la remplacer par des granulats dont la granulométrie est adaptée.

➤ **En cas de colmatage en profondeur :**

- Curage de la couche superficielle du dépôt et du massif filtrant colmaté, avec éventuellement remplacement/rajout d'une couche de granulats adaptée.
- Remplacement des granulats colmatés par des granulats neufs.

D'autres solutions existent et doivent être complémentaires aux solutions curatives.

Quoi qu'il en soit, pour éviter la réapparition d'un colmatage, il est nécessaire de :

- Maintenir une exploitation correcte : alternance d'alimentation des casiers 2 fois par semaine.
- Limiter les volumes admis en tête de station : accepter des charges hydrauliques régulières jusqu'à 0,70 m/j sur le filtre en fonctionnement (en cas d'eaux claires parasites) et des surcharges hydrauliques ponctuelles jusqu'à 10 fois le temps sec de manière très exceptionnelle (quelques fois par an et pendant des durées limitées à moins d'une semaine).

REFERENCES

Arias L. (2013) Traitement des eaux résiduaires de temps sec et temps de pluie en réseau unitaire par filtres plantés de roseaux. Thèse INSA de Lyon - Irstea. 234 p. <https://hal.science/tel-00961202v1>

CCTP FPR (2023) Cadre guide pour un cahier des clauses techniques particulières – Filtres plantés de roseaux. INRAE-OFB-FEVE. 91 p. <https://hal.inrae.fr/hal-04498401v1>

Prost-Boucle S, Forquet N. (2024) Alternance d'alimentation en filtres plantés de végétaux : pourquoi elle est nécessaire 2 fois par semaine. Epnac. 7 p. <https://hal.science/hal-04756730v1>

Epnac atelier Guide d'exploitation (2015) Ouvrages de traitement par filtres plantés de roseaux – Guide d'exploitation. Epnac. 30 p. <https://hal.science/hal-02601952v1>

Forquet N. (2019) Etude du vieillissement des filtres plantés de roseaux - Rapport final. Epnac. 46 p. <https://hal.science/hal-03539113v1>

Lombard-Latune R., Molle P. (2017) Les filtres plantés de végétaux pour le traitement des eaux usées domestiques en milieu tropical. Guide de dimensionnement de la filière tropicalisée. Agence française pour la biodiversité, coll. Guides et protocoles, 72 p. <https://hal.science/hal-02606940v1>

AUTEURS

Stéphanie PROST-BOUCLE
Nicolas FORQUET
(INRAE REVERSAAL)

DATE DU DOCUMENT

Mai 2025

