



Suivi des stations expérimentales FPR à Mayotte

Bilan des campagnes de 2008 à 2013

Rapport final



Lombard Latune Rémi, Irstea
Eme Claire, Irstea
Molle Pascal, Irstea
Riegel Christophe, Sieam

Mai 2014

En partenariat avec :



Contexte de programmation et de réalisation

Le suivi des stations expérimentales de Mayotte est inscrit dans le cadre du développement de systèmes d'épuration adaptés au contexte tropical des DOMCOM.

Les auteurs

Rémi Lombard Latune
Ingénieur d'études « FPR DOM »
remi.lombard-latune@irstea.fr
Irstea, Lyon

Pascal Molle
Ingénieur de Recherche
pascal.molle@irstea.fr
Irstea, Lyon

Les correspondants

Onema : Céline LACOUR, Chargée de mission sur l'eau et les aménagements urbains,
celine.lacour@onema.fr

Irstea : Rémi LOMBARD LATUNE, Irstea, remi.lombard-latune@irstea.fr et Pascal MOLLE,
pascal.molle@irstea.fr
www.irstea.fr et [http://epnac.irstea.fr/](http://epnac.irstea.fr)

SIEAM : Christophe RIEGEL, christophe.riegel@sieam.fr
<http://www.sieam.fr/>

Références du document

Droits d'usage :	<i>Accès libre</i>
Couverture géographique :	<i>National</i>
Niveau de lecture :	<i>Professionnels, experts</i>
Nature de la ressource :	<i>Document</i>

RESUME

Entre 2005 et 2010 ont été construites trois stations de traitement des eaux usées domestiques à vocation expérimentale sur le territoire de Mayotte, devenu depuis département français en 2011.

Ces initiatives sont issues d'une collaboration entre la société SINT, l'équipe Epuration d'Irstea (Cemagref à l'époque), le SIEAM (Syndicat Intercommunal d'Eau et d'Assainissement à Mayotte) et plus récemment l'Onema.

Les types de procédés choisis sont des déclinaisons de filières de traitement par filtres plantés :

- la station d'**Hachenoua**, dimensionnée pour 160 EH : composée de deux filtres plantés verticaux, non saturés, avec possibilité de recirculation, suivis de deux bassins d'infiltration en alternance ;
- la station de **Totorossa**, dimensionnée pour 145 EH : constituée d'un décanteur/digesteur suivi de trois filtres à écoulement horizontal, dont seulement deux sont en fonctionnement, puis d'un réseau d'infiltration souterrain ;
- la station de **Trévani**, dimensionnée pour 400 EH a été construite plus tardivement et n'est en fonctionnement que depuis juin 2010 : elle est composée d'un décanteur anaérobie, puis d'un réacteur anaérobie, suivi d'un filtre planté. Le filtre est à écoulement vertical en amont, et horizontal en aval, fonctionnant sans alternance, avec un rejet dans le milieu superficiel. Ce système est inspiré d'une filière de traitement connue sous le nom de DEWATS en Inde.

Les stations d'Hachenoua et de Totorossa ont fait l'objet de suivis expérimentaux de 2007 à 2012 par Irstea et SINT en collaboration avec le SIEAM. Depuis 2012, la station de Trévani a été intégrée aux suivis, par un financement Onema.

Le maintien de ces suivis permet une analyse de l'évolution des performances épuratoires dans le temps, mais aussi l'appréciation de l'intégration de ces systèmes dans le contexte spécifique de Mayotte.

La campagne de suivi 2013 a été marquée par :

- l'intervention d'une chimiste Irstea pour fiabiliser les analyses du laboratoire Baobab ;
- un dysfonctionnement total de la station de Totorossa ;
- une impossibilité de mesures du débit de la station de Trévani (pièces manquantes) ;
- le maintien de bons résultats à la station d'Hachenoua malgré une alternance irrégulière des filtres.

Ce rapport s'attache à faire une synthèse des 7 années de suivi à Mayotte.

MOTS CLES

TROPICAL, DOM, MAYOTTE, PETITES COLLECTIVITES, EPURATION, ASSAINISSEMENT, EAUX USEES DOMESTIQUES, FPR, DEWATS

ABSTRACT

In accordance with European regulations French overseas territories have to face with European and French Directives for sanitation and sewage treatment systems.

A technical collaboration has been initiated by a local water authority, the SIEAM, a private constructor, SINT, and a national research center, Irstea, to adapt wastewater treatment plants to Mayotte small communities.

In 2005, two wastewater treatment plants using constructed wetlands systems were constructed:

In Hachenoua, a vertical flow constructed wetlands receives raw wastewaters (known as « French system ») and treats 160 PE effluents. Two filters in parallel receive alternatively the wastewater flows and are planted by *Thysanolaena maxima* and *Typha augustifolia*. After the filters, two infiltration basins are designed for the receiving waters.

In Totorossa, the wastewater treatment plant consists of an Imhoff tank and digestion tank and then, by three parallel horizontal flow constructed wetlands planted with *Thysanolaena maxima*. It treats 145 PE. Only two of the three filters work.

A third unit was constructed in Trevani in 2010 to treat 400 PE by a system known as DEWATS: a sedimentation tank, a baffled anaerobic reactor, an anaerobic upflow filter and a combined vertical and horizontal constructed wetland filter.

Since 2008, the first two wastewater treatment plants (Hachenoua and Totorossa) have been monitored by SIEAM, SINT and Irstea in order to evaluate their performance and also their adaptation to the Mayotte specific context. To complete these studies, the plant in Trevani was integrated into this monitoring program in 2012. Since 2012, the monitoring is funded by Onema. The objective is to provide recommendations for the design and maintenance of such systems in the context of decentralized wastewater treatments in overseas territories.

In 2013, The monitoring shows that:

- Totorossa wastewater treatment plant suffers from operation lacks;
- Despite the irregular alternative use of the filters, the Hachenoua's treatments work good ;
- Flow measurements in Dewats plant are not available ;
- A training in chemistry was dispensed to SIEAM's team into Baobab lab by Irstea

This report aims at providing a complete picture of the data obtained during these last 7 years.

KEY WORDS

TROPICAL, FRENCH OVERSEAS DEPARTMENT, MAYOTTE, SMALL COLLECTIVITY, WASTEWATER TREATMENT, MUNICIPAL WASTEWATER, CONSTRUCTED WETLAND, DEWATS

Table des matières

Synthèse pour l'action opérationnelle

7

INTRODUCTION

11

1. RESULTAT DES SUIVIS SCIENTIFIQUES

11

1.1 Suivi de la station d'Hachenoua 11

1.1.1 Descriptif et historique de la station 11

1.1.2 Suivis de la station en 2013 15

1.1.3 Résultats 20

1.1.4 Conclusions 24

1.2 Suivi de la station de Totorossa 25

1.2.1 Descriptif et historique de la station 25

1.2.2 Résultats 30

1.2.3 Conclusions 33

1.3 La station Dewatt à Trévani 34

1.3.1 Descriptifs et historique 34

1.3.2 Suivis en 2013 36

1.3.1.1 Résultats 37

1.3.2.1 Résultats 37

1.3.3 Conclusions 41

2 PROBLEMES RENCONTRES ET ENSEIGNEMENTS POUR LA FILIERE DANS LES DOM 42

2.1 Conception 42

2.1.1 Surdimensionnement 42

2.1.2 Erreurs dans le dimensionnement 42

2.1.3 Le suivi débitométrique 42

2.1.4 Multiplication des laboratoires d'analyse 42

2.1.5 Acide sulfurique 42

2.2 Exploitation 43

2.2.1 Méconnaissance du fonctionnement de la station 43

2.2.2 Entretien et exploitation irrégulière 43

2.2.3 Approvisionnement 43

2.3	<i>Malveillances, négligences et méconnaissances</i>	43
2.4	<i>Quelles plantes pour les FPR dans les DOM ?</i>	43
3	CONCLUSIONS	44
4	GLOSSAIRE	45
5	SIGLES & ABREVIATIONS	46
6	BIBLIOGRAPHIE	48
7	TABLE DES FIGURES	49
8	TABLE DES TABLEAUX	50
9	ANNEXE :	51
	<i>Normes réglementaires et niveaux de rejets</i>	51
10	REMERCIEMENTS	51

Synthèse pour l'action opérationnelle

• CONTEXTE GENERAL

Le contexte des DOM induit de lourdes contraintes dans le développement de l'assainissement de ces territoires. Les obstacles sont nombreux : dépendance aux importations, vieillissement rapide du matériel, variations de charges hydrauliques importantes, absence de dispositif de gestion des sous-produits de l'assainissement, faible capacité d'autofinancement des collectivités, Pourtant ces territoires font face à un développement rapide et nécessitent, de fait, l'implantation de nouvelles STEU.

Pour répondre à cette problématique d'adaptation des systèmes d'assainissement au contexte des DOM, Irstea en partenariat avec l'Onema, le Ministère en charge de l'Environnement et les représentants locaux, a engagé une action de recherche, qui prolonge une initiative conjointe de la société SINT, de l'équipe Epuración d'Irstea (Cemagref à l'époque) et du SIEAM (Syndicat Intercommunale d'Eau et d'Assainissement de Mayotte) et qui a débuté par l'implantation en 2005 de stations expérimentales à Mayotte.

La filière filtres plantés paraît la plus adaptée au contexte à plusieurs titres : développement rapide de petites unités de traitement, fiabilité du traitement en cas de variations de charges, utilisation de matériaux locaux et faibles besoins en matériaux d'importation, faible maintenance, faible coût d'investissement et d'entretien, gestion facilitée des boues d'épuration pour le modèle à écoulement vertical, intégration paysagère etc.

• DISPOSITIF

Trois stations à vocation expérimentale ont été construites à Mayotte :

- La station d'Hachenoua : un seul étage de filtration avec deux ou trois filtres à écoulement vertical en alternance alimentés par bâchées (recirculation et nombre de filtres modulables),
- La station de Totorossa : un décanteur – digesteur suivi de trois filtres plantés à écoulement horizontal (nombre de filtres en fonctionnement et gestion en série ou en parallèle modulables),
- Et, plus tardivement (en 2010) la station de Trévani : modèle DEWATS développé en Inde avec en série : un décanteur, un réacteur anaérobie (composé lui-même d'un réacteur à chicanes et d'un filtre anaérobie à flux ascendant), un ou des filtres plantés.

Le suivi scientifique des stations a pour but d'évaluer le potentiel d'adaptation de ces filières dans le contexte mahorais, au niveau des performances épuratoires. L'attention est portée également de manière informelle sur les modes de gestion et l'acceptation sociale des STEU.

Les suivis scientifiques sous leurs formes définitives de bilan 24h ont démarrés en 2008 pour les stations d'Hachenoua et Totorossa, et en 2012 pour la station DEWATS à Trévani. L'organisation des suivis a énormément évolué dans le temps : ce n'est qu'à partir de 2009 que des doublons des analyses sont faits au laboratoire du cemagref/irstea, et les dernières campagnes de prélèvements ont été menées par le SIEAM de manière autonome avec sous-traitance des analyses à un laboratoire réunionnais.

L'hétérogénéité des campagnes de suivi, la multiplication des laboratoires en charge des analyses (4 différents), des méthodes d'analyses (micro-méthodes et méthodes labélisées AFNOR), ont été nécessaires, mais rendent l'exploitation des résultats délicate et fragilisent les enseignements.

• PRINCIPAUX ACQUIS TRANSFERABLES

Des eaux brutes concentrées

Les eaux brutes reçues par les stations (tableau 1) présentent des concentrations considérées comme classiques pour le milieu rural (Mercoiret, 2010). Il y a cependant une différence significative entre les stations : les eaux brutes sont assez fortement concentrées pour Hachenoua. Pour Totorossa et Trevani, les concentrations de la fraction carbonée de la matière organique sont assez faibles, alors que les concentrations en matières azotées sont fortes. Ce déséquilibre (traduit par le rapport DBO_5/Nk classiquement autour de 3,9) s'explique par le fait que les prélèvements d'eaux brutes se font directement dans le décanteur digesteur qui joue son rôle de traitement primaire et abat fortement la charge carbonée.

Les eaux brutes varient de manière importante d'une campagne à l'autre (coefficient de variation élevé). Il se peut que la réalité soit déformée ou amplifiée par certains biais comme les variations dans les méthodes du suivi. La relative stabilité de certains ratios permet de penser qu'il y a une part de la variabilité des concentrations qui n'est pas due à un biais d'analyses.

Les suivis ne permettent pas de mettre en évidence une saisonnalité aussi marquée (effet de dilution en saison des pluies) que pour la Guyane (Lombard Latune, 2014), à part peut-être dans le cas de Trévani, mais en l'absence de données débitométriques il est délicat d'en estimer l'ampleur.

Tableau 1 : Concentrations des effluents bruts à l'entrée des stations.

	Hachenoua (14)				Totorossa (7)				Trevani (3)			
	Min.	Moy.	Max.	Coeff. Var.	Min.	Moy.	Max.	Coeff. Var.	Min.	Moy.	Max.	Coeff. Var.
DCO (mg/L)	317	793	1240	28%	263	353	874	25%	207	490	668	42%
DCOd (mg/L)	154	326	671	40%	58	213	294	37%	58	172	227	46%
DBO_5 (mg/L)	140	411	560	26%	17	151	232	44%	78	196	280	54%
MES (mg/L)	198	387	648	37%	44,7	229	600	87%	202	243	310	24%
Nk (mg/L)	53	89	109	17%	74,1	91,2	106	12%	25,9	74	112,5	52%
NH_4 (mg/L)	39	69	105	26%	51,4	74,7	92,1	16%	25,1	64,7	91	50%
Pt (mg/L)	7	13	20	29%	9,7	13,1	15,7	26%	3,6	9,7	18,3	64%
DCO/DBO_5	1,66	2,09	2,38	10%	1,4	2,7	5,9	55%	1,7	2,3	2,7	24%
DCOd/DCO	18%	44%	67%	33%	22%	58%	90%	41%	28%	34%	38%	13%
DBO_5/Nk	3,4	4,8	7,3	27%	1,6	1,6	1,7	6%	2	3,2	4,5	39%
NH_4/Nk	43%	71%	85%	16%	89%	92%	99%	4%	80%	89%	96%	9%

Minimum, moyenne et maximum pour chacune des 3 stations.

Le coefficient de variation correspond au rapport de l'écart type de la série à la moyenne.

Le chiffre à côté du nom des stations correspond en moyenne, au nombre de suivis sur lesquels se base ce tableau.

D'excellentes performances

Le tableau 2 présente les rendements épuratoires atteints par les stations, ainsi que les objectifs imposés par les normes de rejets.

Les objectifs en termes de rendements épuratoires sont largement atteints, même si les concentrations en DBO_5 en sortie de STEU sont parfois ponctuellement supérieures à la limite de 35mg/L (Tableau 4, Tableau 8, Tableau 11).

Les rendements sont généralement excellents sur la fraction carbonée (supérieur à 90%). C'est également le cas pour la fraction azotée à Hachenoua (supérieur également à 90%), alors que pour Totorossa ils sont bons (autour de 70%), et faibles pour Trévani.

Les rendements sont également très stables (coefficient de variation inférieur à 10%), alors que les effluents bruts varient d'un suivi à l'autre.

Tableau 2 : Rendements épuratoires et objectifs de rejets.

	Hachenoua (14)			Totorossa (7)			Trevani (4)			Arrêté 06/2007
	Min	Moy	Coeff. Var.	Min	Moy	Coeff. Var.	Min	Moy	Coeff. Var.	
DBO ₅	79%	94%	8%	91%	93%	2%		93%		60%
MES	77%	93%	6%	73%	93%	8%	97%	98%	-	50%
DCO	77%	91%	5%	79%	87%	6%	87%	88%	-	60%
DCOd	69%	84%	11%	57%	76%	23%	73%	74%	-	
Nk	70%	92%	8%	51%	70%	14%	37%	39%	5%	
NH ₄	70%	94%	8%	50%	68%	14%	26%	34%	18%	
Pt	25%	60%	32%	18%	49%	55%	18%	35%	69%	

Minimum, moyenne et coefficient de variation des rendements épuratoires pour les principaux paramètres pour chacune des 3 stations. L'arrêté de 2007 précise que pour l'abattement de la DBO₅ la station doit remplir au moins l'un des 2 objectifs.

Le chiffre à côté du nom des stations correspond à la moyenne du nombre de suivi sur lesquels se base ce tableau.

Dans le cas de Trévani la sortie de la station n'a été échantillonnée que 2 fois sur les 4 campagnes.

Suivis débitimétriques et taux de charge

Les mesures de débits au cours des campagnes ont été difficiles à mettre en place. Les résultats obtenus sont parfois assez différents d'une méthode à l'autre. En fonction des cas, les données aberrantes ont été éliminées, et une valeur moyenne jugée plus cohérente a été retenue.

Pour toutes ces raisons, les données débitimétriques, quand elles sont disponibles, sont considérées comme peu fiables. Les calculs de charges (Tableau 3 : taux de charge des stations.) qui en découlent sont eux aussi fragiles.

Tableau 3 : taux de charge des stations.

	Hachenoua	Totorossa	Trevani	<i>EH de réf</i>
Hydraulique (m ³ /j)	97%	54%	46%	0,15m ³ /j
DBO ₅ (g/m ² /j)	126%	25%	20%	60g/j
MES (g/m ² /j)	72%	26%	20%	75g/j
DCO (g/m ² /j)	101%	25%	25%	120g/j
NK (g/m ² /j)	99%	48%	29%	15g/j

La station d'Hachenoua fonctionne à pleine charge. Les performances de la station permettent de valider le dimensionnement et les choix techniques faits pour la station.

Les stations de Totorossa et Trévani fonctionnent elles au quart de leur charge nominale en organique. La charge hydraulique est plus importante, autour de 50% du nominal. Ces faibles charges amènent à relativiser les bonnes performances des deux stations.

Problèmes rencontrés

On notera des contraintes d'exploitations de ces systèmes, pourtant relativement simples à gérer en comparaison d'autres filières. Ces problèmes sont de diverses natures :

- des problèmes matériel (poires de niveau, remplacement de pièces défectueuses, entretien des pompes, ...) ;
- des problèmes liés à des actes de malveillance : plantes arrachées, bétail sur les filtres, dégradation du matériel (pompes, siphon auto-amorçant...) ;
- des problèmes liés à l'exploitation : alternance des filtres pas respectées (parfois involontairement en raison de grèves), de mauvais choix techniques (réglage des poires de niveaux), préconisations faites par Irstea non respectées,

De multiples explications peuvent être listées comme l'éloignement, le manque de personnel, de qualification du personnel, d'organisation. Malgré des spécificités locales, ces problèmes peuvent-être transversaux à l'ensemble des DOM, d'où l'intérêt de les présenter ici.

Il faut noter que malgré les problèmes de maintenances rencontrés, les performances des stations restent tout à fait correctes bien que non optimisées.

Introduction

Les Départements d'Outre-Mer présentent de nombreuses spécificités, qui amènent à modifier les techniques d'épuration proposées sur le marché métropolitain en les adaptant à ces contextes. Le territoire mahorais, récemment intégré parmi les DOM en 2011, accuse un retard certain dans le développement d'infrastructures d'assainissement et présente ainsi de nombreuses non conformités vis à vis de la DERU.

Les caractéristiques principales de l'île de Mayotte sont :

- une démographie galopante,
- un retard important dans le développement d'infrastructures publiques.

Pour l'assainissement des petites et moyennes collectivités, les procédés de type filtres plantés de végétaux sont adaptés à ces enjeux, mais demandent une optimisation de leur dimensionnement en contexte tropical. Dans le cadre de l'action DOM à Mayotte, menée avec l'Onema, trois stations sont étudiées et présentées dans ce rapport.

Le présent rapport présente les résultats du suivi de 2013, et les replacent dans le cadre général en dressant une synthèse des suivis de chaque station depuis leur construction.

La seconde partie du rapport reviendra sur les problèmes rencontrés et présentera les enseignements que l'on peut en tirer en termes d'exploitation et d'acceptation sociale de la filière dans le contexte des DOM.

1. Résultat des suivis scientifiques

Une synthèse du descriptif et de l'historique de chacune des stations est présentée à partir du rapport de suivi 2012.

Pour la campagne de suivi 2013, 3 bilans 24 heures par station étaient planifiés. Le premier bilan a été réalisé avec l'équipe d'Irstea présente à Mayotte du 22 octobre au 7 novembre 2013. L'état des stations et des problèmes d'organisation n'ont permis de suivre que 2 des 3 stations.

Les bilans suivants ont été réalisés par les techniciens du SIEAM en autonomie entre janvier et mars 2014.

Les analyses des échantillons ont été faites par le Laboratoire Départemental des Eaux et d'Hygiène du Milieu (LDEHM) à La Réunion.

1.1 Suivi de la station d'Hachenoua

1.1.1 DESCRIPTIF ET HISTORIQUE DE LA STATION

Descriptif

Le lotissement de Hachenoua, situé sur la commune de Tsingoni, est un lotissement SIM (Société Immobilière de Mayotte) composé de 26 logements de type T4/T5 (on estime en moyenne 4 habitants par logement). Ce lotissement a été choisi pour accueillir une station expérimentale de type filtre planté à écoulement vertical, avec initialement possibilité de recirculation réglable, en remplacement d'un ancien système d'assainissement présentant de graves dysfonctionnements. L'ensemble des branchements était déjà réalisé ce qui a permis le fonctionnement immédiat de la station dans des conditions de charge significatives.

A l'origine la station était composée de deux filtres de 81 m² chacun, à percolation verticale, non saturés en eau, avec une réserve foncière permettant le rajout éventuel d'un troisième filtre, si nécessaire.

Les filtres sont alimentés avec des eaux usées domestiques brutes à partir de pompes, installées dans l'ancienne station (mini boues activées) qui fait actuellement office de poste de refoulement. Une alimentation par bâchée d'environ 2 m³ est déclenchée par des poires de niveau dans le poste de refoulement. Un agitateur (flash valve installé sur la pompe) permet de brasser les eaux avant de les pomper vers les filtres.

Ces derniers sont constitués, du haut vers le bas :

- d'une épaisseur de 0,8 m de matériau de type gravillon 4/6 mm basaltique, posée sur
- une couche de transition de 10 à 20 cm de gravier 6/10 mm,
- d'une couche drainante composée de 15 cm de gravier plus grossier de 20/40 mm.

La couche filtrante superficielle, la plus active est pourvue d'une aération intermédiaire constituée de 4 conduites de diamètre DN 100 à mi-hauteur, reliées à une cheminée d'aération de chaque côté.

Après une première filtration, les eaux drainées s'écoulent dans un regard de répartition avec un seuil dentelé, qui permet de renvoyer une partie des eaux traitées en tête de la station et d'évacuer l'autre partie vers un canal de comptage équipé d'un seuil en V, puis vers un des deux bassins d'infiltration, alimentés en alternance. En théorie, en déplaçant le seuil dentelé, un réglage du taux de recirculation à 100, 200 ou 300 % est possible.

Historique

La station a été achevée en avril 2006 et dimensionnée à l'origine pour traiter une charge polluante équivalente à 160 EH avec une surface filtrante de 1 m² par EH.

Suite aux premières mesures des charges entrantes dans la station, en association avec le suivi de la consommation d'eau potable des habitations raccordées, a été identifiée une charge réelle équivalente à 50 EH (métropolitains) et de très de bonnes performances de traitement.

En réponse à ces premières conclusions, des travaux ont été décidés, en été 2006, pour adapter la charge réelle au dimensionnement initial. Un seul filtre a été maintenu en fonctionnement et partagé en deux parties, avec un vannage permettant de n'alimenter que la moitié d'un filtre à la fois. Dès lors, seront en fonctionnement deux filtres d'une surface de 40,5 m² chacun, installation équivalente à un dimensionnement de 1,62 m²/EH (au lieu de 3,24 m²/EH) pour une charge traitée d'environ 50 EH (métropolitain).

Les végétaux initialement plantés sur les filtres étaient des *Thysanolaena maxima*, espèce végétale qui s'est bien développée en 2006 et 2007 (Figure 1), mais dont le développement est sous forme de touffes.



© Dirk Esser

Figure 1 : Septembre 2007, après une première plantation de *Thysanolaena maxima*

En 2008, les *Thysanolaena maxima* ont disparu (Figure 2), nous n'avons jamais pu élucider si cette disparition a été naturelle ou si les plantes ont été arrachées. A la place, l'espèce végétale *Typha augustifolia* a été plantée en 2008, sans que cette plante n'ait vraiment pu couvrir toute la surface des filtres.



© Dirk Esser

Figure 2 : Septembre 2008, les *Thysanolaena maxima* ont disparu et l'espèce végétale *Typha augustifolia* a été plantée sur les deux demi-filtres en fonctionnement

En septembre 2009, les *Typha augustifolia* ont disparu du demi-filtre à gauche. On suppose qu'un manque d'alternance des filtres est responsable d'une période sans alimentation du second filtre trop longue pour assurer la survie des plantes (Figure 3 : Avril 2009, les *Typha augustifolia* se sont bien développées sur le demi-filtre à droite et beaucoup moins sur le demi-filtre à gauche, laissant supposer un manque d'alternance régulier. Entre septembre 2009 et mai 2010, des *Typha augustifolia* ont été replantées avec de quelques pieds de *Thysanolaena maxima* (Figure 5).



© Dirk Esser

Figure 3 : Avril 2009, les *Typha augustifolia* se sont bien développées sur le demi-filtre à droite et beaucoup moins sur le demi-filtre à gauche, laissant supposer un manque d'alternance régulier



Figure 4 : Septembre 2009, *Typha augustifolia* a complètement disparu du demi-filtre à gauche.
© Dirk Esser



Figure 5 : Mai 2010, replantation de *Typha augustifolia* et de *Thysanolaena maxima* sur le demi-filtre à gauche
© Dirk Esser

Depuis juin 2010, la recirculation est obstruée, la station fonctionne donc sans recirculation depuis cette date.

En automne 2011, les manifestations dans les rues de Mayotte relatives à la vie chère, bloquent les axes de communication de l'île pendant un certain temps. L'entretien de la station, et particulièrement l'alternance des filtres n'a pas été effectué pendant une période d'au moins deux à trois mois. Le demi-filtre en fonctionnement a été colmaté ainsi qu'une partie du demi-filtre au repos par débordement. Les *Typha augustifolia* ont à nouveau presque disparu du demi-filtre gauche (© Andinani Mguereza).



Figure 6 : Colmatage des filtres, novembre 2011.
© Andinani Mguereza

La surface des filtres a été curée au mois de septembre 2012 ; le « gazon » et la couche de boue superficielle ont été enlevés et déposés à proximité des filtres. Une nouvelle séparation des filtres a été mise en place, opération accompagnée de nouvelles plantations effectuées début novembre 2012.

Le demi-filtre à droite a été replanté de *Typha augustifolia* et celui à gauche de *Thysanolaena maxima* (Figure 7: Etat des filtres en Novembre 2012. © Irstea). L'alternance des filtres à Hachenoua n'a repris que fin octobre 2012 seulement, soit après une année sans exploitation.



Figure 7: Etat des filtres en Novembre 2012. © Irstea

1.1.2 SUIVIS DE LA STATION EN 2013

Etat de la station en novembre 2013

En novembre 2013, lors du dernier bilan 24 heures en présence de l'équipe d'Irstea, un état des lieux de la station a pu être réalisé.



Figure 8: Hachenoua : poste d'entrée en octobre 2013.

A gauche : niveau d'effluent dans le poste d'entrée trop élevé, temps de séjour trop important à l'origine des odeurs.
A droite : réglage des poires, présence de graisses sur les poires favorisé par les longs temps de séjour. © Irstea

Un problème de réglage du niveau haut des poires de niveau dans le poste d'entrée a entraîné un niveau anormalement haut dans le poste, se traduisant par la présence d'odeurs (Figure 8).



Figure 9 : Hachenoua : prélèvements des matériaux et dépôt de surface des filtres en fonctionnement en octobre 2013

A gauche surface du filtre à proximité d'un point d'alimentation, à droite surface colonisée par les adventices. © Irstea

La répartition des effluents ne semble pas être idéale comme le montre la présence de boues en surface des filtres seulement à proximité des points d'alimentation (Figure 9)

Au niveau des végétaux on note la présence de nombreuses adventices, et une mauvaise répartition des *Thysanolaena maxima* qui se développent en touffe sur les deux filtres (Figure 10).



Figure 10 : Hachenoua : vue d'ensemble des filtres en octobre 2013

Au premier plan, la réserve foncière, au second plan le filtre 2, et en troisième plan le filtre 1. © Irstea

L'alternance des filtres ne semble pas régulière comme le montre le cahier d'exploitation (Figure 11).

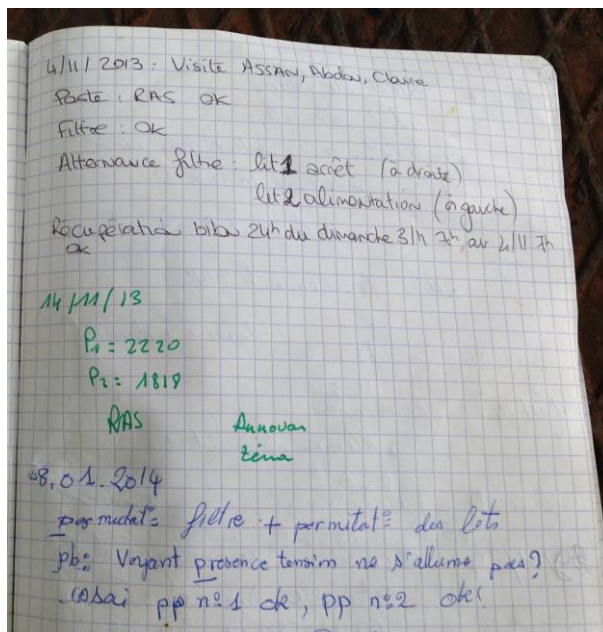


Figure 11 : cahier d'exploitation d'Hachenoua. © Andinani Mguereza

Une des cheminée d'aération a été endommagée (Figure 12). Par ailleurs, la géomembrane est elle aussi endommagée, sans que cela ne semble causer de préjudices à l'exploitation de la station.



Figure 12: Hachenoua : filtre en octobre 2013

Cheminée d'aération endommagée, présence importante d'adventices sur les filtres (identification du végétal au premier plan par la botaniste du Conservatoire Botanique : *Panicum maximum*). © Irstea

Etat de la station en 2014

Pour les suivis réalisés en Janvier et Mars 2014, il n'a pas été possible d'avoir un bilan détaillé de l'état de la station. Un extrait du cahier d'exploitation, ainsi qu'une photo de l'état du filtre (Figure 13) nous ont tout de même été communiqués. Il ressort que les visites ne sont pas faites régulièrement.



Figure 13 : station d'Hachenoua 22 avril 2014. © Andinani Mguereza

Méthodologie du suivi

Suivi des débits

Les débits entrant et sortant de la station sont estimés à partir opérations suivantes :

- *Tarage des pompes* : la pompe est tarée à partir de l'enregistrement du niveau d'effluent dans le poste d'entrée lors de la vidange du poste. La canalisation d'arrivée des effluents bruts n'est pas obstruée mais son impact est considéré comme négligeable face aux volumes stockés dans le poste.
- *Temps de fonctionnement des pompes entrée* : valeur relevée par la mise en place de pinces ampérométriques et enregistreurs associés (HYDREKA, type Octopus C). Le nombre et le temps des bâchées sont ainsi enregistrés.
- *Compteurs électromagnétiques* : des compteurs (ENDRESS HAUSER, type PROMAG 10W, un par pompe) sont installés depuis la construction de la station sur chacune des deux canalisations de refoulement qui permettent l'alimentation des filtres. Le débit instantané de la pompe en fonctionnement est relevé lors de bâchées.
- *Canal de sortie équipé d'un déversoir en V* : le seuil en V est de type $\frac{1}{4}$ de 90° , les hauteurs d'eau sont mesurées à l'aide de capteurs piézométriques (HYDREKA, de type PDCR 0-100mV) et de leur enregistreur associé (HYDREKA, de type Octopus C). Les données de hauteur d'eau dans le déversoir sont ensuite téléchargées et converties en débit selon la norme NF X 10-311.

Prélèvements

Les échantillons horaires sont réalisés par des préleveurs 24 flacons (HYDREKA, de type SIGMA 900) réfrigérés, avec une programmation d'un prélèvement toutes les 15 minutes équivalent à 4 prélèvements par flacon horaire.

La campagne de 2012 a montré des différences significatives sur les eaux brutes à l'entrée de la station avec ce qui était observé précédemment. Un temps de séjour trop long dans le poste de refoulement a été démontré, lié entre autre à un dysfonctionnement des poires de niveau. Ce problème n'ayant pas été résolu, et du fait qu'il entraîne une décantation dans le poste de refoulement, les prélèvements faits dans le poste ne sont plus représentatifs de ce qui est réellement envoyé sur le filtre. Il a donc été décidé de déplacer le point de prélèvement directement au niveau du filtre (figure 14). Un préleveur réfrigéré a été installé sur le filtre en fonctionnement, le seau de collecte des effluents

accroché à la cheminée d'alimentation. En sortie de FP, un second préleveur réfrigéré a été installé dans le canal en V.



Figure 14 : Installation des préleveurs pour le bilan.
A gauche : en entrée sur le filtre, à droite : en sortie du filtre, au niveau du canal en V. © Irstea

Les points de prélèvement sont synthétisés par le schéma ci-dessous (Figure 15) :

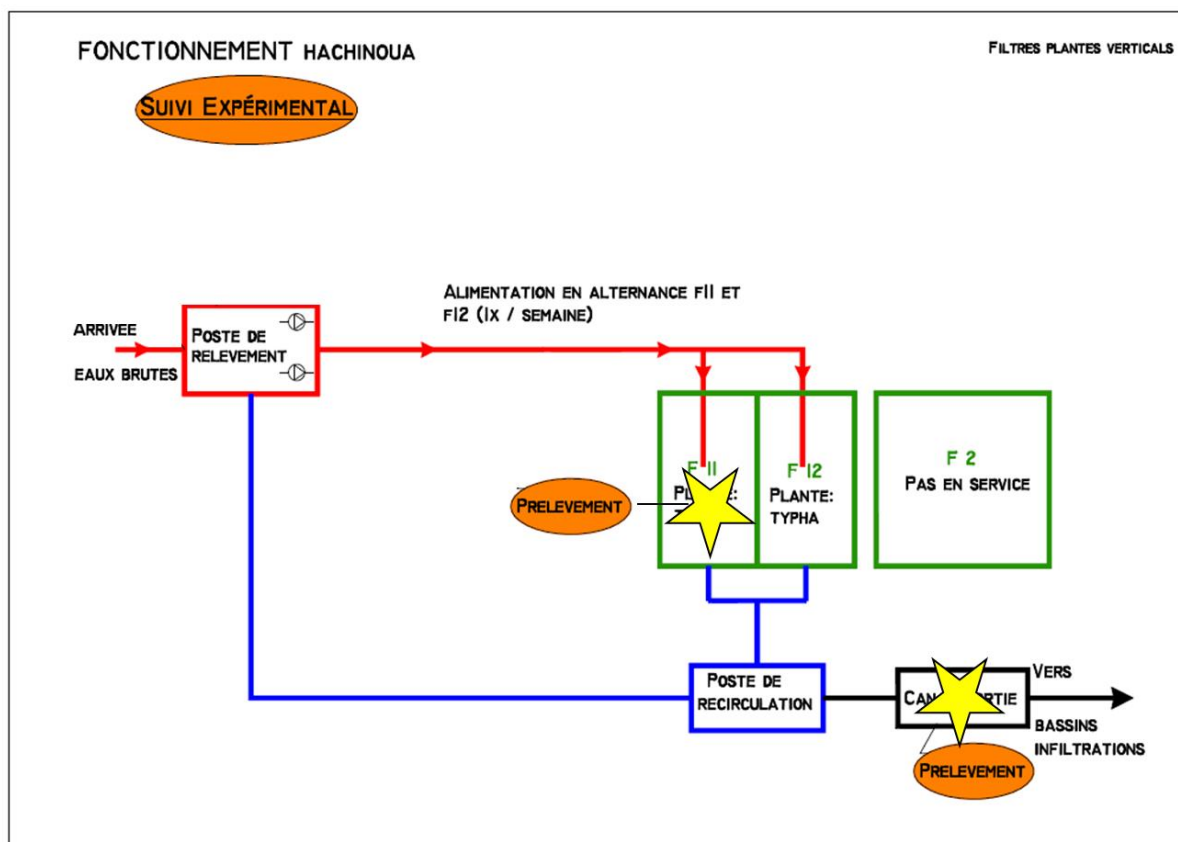


Figure 15 : Schéma de principe de la station d'Hachenoua et localisation des points de prélèvement.
© SIEAM adapté par Irstea

Analyses

Les échantillons sont analysés par le laboratoire du SIEAM, à la STEU de Baobab à Mamoudzou, par des micro-méthodes (spectrophotomètre DR 5000) pour les paramètres DCO, DBO₅ PT, SO₄, NT, NH₄-N, NO₃-N et NO₂-N et par méthode normalisée pour les MES.

En parallèle, des doublons des échantillons sont filtrés et/ou acidifiés et envoyés dans des laboratoires labélisés COFRAC (méthodes normalisées). En fonction des époques, les doublons ont pu être analysés par le laboratoire d'Irstea (2007-2011), par le Laboratoire Départemental d'Analyses (LDA) de la Drôme en 2012, et pour les campagnes de 2013, par le Laboratoire Départemental des Eaux et de l'Hygiène des Milieux de La Réunion.

Pour la campagne de novembre 2013, une erreur au moment de la réception de la glacière n'a pas permis l'analyse des échantillons (glacière égarée plus d'une semaine sans réfrigération).

Lors de la campagne de janvier 2014, malgré les efforts du technicien du SIEAM, les échantillons sont arrivés au laboratoire un peu plus de 48h après leur prélèvements. Les analyses ont tout de même été faites selon les méthodes normalisées, les résultats restent fiables mais ne peuvent plus prétendre à la labélisation COFRAC. Les derniers échantillons ont été prétraités avant envoi au laboratoire : filtration et/ou acidification, assurant ainsi une plus grande stabilité.

1.1.3 RESULTATS

Estimation des débits

L'estimation des débits repose sur le temps de fonctionnement des pompes du poste de refoulement, couplés à un tarage des pompes. Une vérification des valeurs données par le tarage des pompes est faite par corrélation au débit moyen dans les canalisations, enregistré par le débitmètre électromagnétique.

Avant juin 2010 et l'arrêt de la recirculation, les débits d'entrée étaient estimés à partir d'une part des relevés de consommations d'eau potable du hameau (on considère classiquement que 80% de l'eau potable consommées et rejetée sous forme d'eaux usées), et d'autre part à partir du débit de sortie. Le poste de refoulement reçoit alors les eaux brutes et recirculées, les temps de fonctionnement renseignent sur les débits envoyés vers les filtres.

Les mesures de sortie sont rarement exploitables : étant donné la surface importante du canal en V, les variations de hauteur d'eau sont trop faibles pour être correctement enregistrées par le capteur piézométrique utilisé. Lorsque les résultats sont cohérents, ils sont conservés.

Les rendements épuratoires seront calculés à partir des seules concentrations données par les analyses. Les mesures de débit seront utilisées pour les calculs de charge et de taux de charge de la station. On fait l'hypothèse que les débits seront conservés tout au long de l'ouvrage : le débit entrant dans le poste de relèvement correspond au débit sortant du canal en V.

Analyses

Les résultats des analyses sont présentés dans le ci-après. Ce tableau rassemble l'ensemble des données produites entre 2008 et aujourd'hui après tri des valeurs aberrantes synonymes de problèmes analytiques. Pour d'autres campagnes, toutes les analyses n'ont pas pu être effectuées, c'est ce qui explique la majorité des blancs dans le tableau.

Généralement, quand il existe des doublons, ce sont les valeurs des analyses des laboratoires labélisés COFRAC qui sont présentées.

Tableau 4 : Suivis à Hachenoua entre 2008 et 2013. Les cases bleues correspondent aux résultats du SIEAM (microméthodes), les vertes à celle des analyses réalisées selon les normes COFRAC, par défaut ce sont ces dernières qui sont retenues. La ligne rouge correspond à la campagne de novembre 2012 pour laquelle des valeurs moyennes retravaillées ont été validées.

Date prélève- nt	Débit	DCO _{brute} (mg/L)		Rdt	DCO _{filtré} (mg/L)		Rdt	DBO ₅ (mg/L)		Rdt	MES (mg/L)		Rdt	NK _{brute} (mg/L)		Rdt	NH ₄ -N (mg/L)		Rdt	NO ₃ -N (mg/L)		PT (mg/L)		Rdt
		E	S	(%)	E	S	(%)	E	S	(%)	E	S	(%)	E	S	(%)	E	S	(%)	E	S	E	S	(%)
13/11/2008	9,8		22,5						8,6			9,7									31,5		3,5	
04/02/2009		1107	77,9	93%	671	54,7	92%	542	31,6	94%	583	18,4	97%	78,4	4,5	94%	48,9	1,4	97%	0,45	31	13,8	6,5	53%
09/04/2009	9,1	848			300	91,2	70%	386						53	6	89%		1,8			24,1			
24/06/2009	9,8		67			64						16,3			4,8		85,6	1,25	99%	0,45	36,8			
15/09/2009	8,5	837	65	92%	154	36	77%	440	23	95%	445	46,4	90%	90	5,6	94%	62,1	2,35	96%	0,45	26,7	12,3	5,8	53%
21/10/2009		631	68	89%	282	48	83%					22		107	5,5	95%	81,3	2,25	97%	0,45	34,7			
02/12/2009	9,6	631	59	91%	218	34	84%		23		372	21	94%	87,2	4,9	94%	56,9	2,1	96%	0,45	18,2			
07/04/2010	8,0	542	52	90%	327	45	86%	315			508	29,7	94%	90,4	4,7	95%	67,4	2,85	96%	0,45	18,3			
08/04/2010	8,5	565	42	93%	380	31	92%	322			266	9	97%	79,8	3,0	96%	60,4	2,3	96%	0,45	66,1	9,67	5,5	43%
14/04/2010	7,8	1240	71,2	94%				560			648	80	88%							0,51	17,4	8,41	4,12	51%
22/06/2010		860	43	95%	369	29	92%	460	26	94%	510	14	97%	109	2,1	98%	82,4	1,5	98%	0,45	35,2	19,6	5,04	74%
12/04/2012		1089	58,6	95%				530	24	95%	489	3	99%							0,45		7,4	5,5	25%
02/07/2012		317	51	84%				140	19	86%	200	40	80%							0,53		15,4	7,1	54%
21/11/2012	9,75	857	36	96%	394	28	93%	459	17	96%	506	9	98%	92			72	4,6	94%	<1	55,8	18,6	3	84%
13/04/2013		741	70	91%				350	25	93%	198	27,7	86%	104	4,8	95%	88	0,33	99%	0,8	32,7	12,7	1,63	86%
21/01/2014	15,7	977	42	96%	337	<30		410	8	98%	380	18	95%	89,4	4,1	95%	39	3,9	90%	<1	35,5	11,9	1,79	86%
18/03/2014	11,2	699	163	77%	254	80	69%	420	90	79%	274	63	77%	91,8	27,1	70%	70	20,9	70%	<1	32,1	10,5	4,2	59%
Minimum	7,8	317	23	77%	154	28	69%	140	8	79%	198	3	77%	53	2,1	70%	39	0,3	70%	0,45	17	7	1,63	25%
Moyenne	9,8	796	62	91%	335	49	84%	410	27	92%	414	27	92%	89	6,4	92%	68	3,7	94%	0,49	33	13	4,48	61%
Maximum	15,7	1240	163	96%	671	91	93%	560	90	98%	648	80	99%	109	27,1	98%	88	20,9	99%	0,83	66	20	7,1	86%
Ecart type	2,2	245	31	5%	133	21	9%	113	22	6%	145	21	7%	15	6,6	8%	15	5,3	8%	0,11	13	4	1,75	20%
Coeff var	22%	31%	50%	6%	40%	43%	11%	28%	82%	7%	35%	79%	8%	17%	99%	8%	22%	145%	8%	22%	40%	31%	39%	32%

Caractérisation des effluents bruts

Le point de prélèvement des eaux brutes a été modifié pour les campagnes de 2013.

Les résultats sont conformes à ce qui a été observé auparavant. Il ne se dégage pas de tendance, à l'exception d'une baisse logique des MES pour les 3 campagnes compte tenu du mode de prélèvement sur les premières campagnes.

En revanche le débit à l'entrée de la station a augmenté. Comme il n'y a pas eu de nouveau raccordement au réseau, ce pourrait être un effet saisonnier dû à la saison des pluies. Aucune autre campagne n'a été réalisée entre janvier et mars, ce qui ne permet pas de valider cette hypothèse. Les relevés de pluviométrie n'ont été que rarement faits et il n'est pas non plus possible de s'appuyer dessus. Il ne semble pas y avoir un effet de dilution très marqué au niveau des eaux brutes : les valeurs de la campagne de janvier sont très proches des moyennes, alors que celles de mars sont généralement légèrement inférieures. Les débits eux, varient en sens inverse.

Avec en moyenne plus d'une douzaine de valeurs pour chaque paramètre, des tendances apparaissent.

Les effluents bruts sont classiques en comparaison aux eaux usées brutes des petites collectivités de métropole en zone rurale (Mercoiret, 2010). Ils sont cependant dans la fourchette haute puisque généralement supérieur de 25% à ce qui est classiquement relevé : 800 mg/L DCO en moyenne pour 645 mg/L habituellement, et 90 mg/L Nk contre 67 mg/L. Les eaux brutes arrivant à la station d'Hachenoua sont donc considérées comme normalement concentrées.

Il y a d'importantes variations pour tous les paramètres entre les différentes campagnes. Une partie de ces variations peut s'expliquer par les biais liés à l'organisation des suivis (changement de points de prélèvement, de laboratoire d'analyses) ainsi que par une variabilité inhérente des concentrations.

Concentrations en sortie de station

Pour le suivi de 2013, les concentrations en sortie de station pour les 2 premières campagnes correspondent à ce qui a été observé précédemment. Globalement sur l'ensemble des suivis, les concentrations en sortie de station et les rendements qui leur sont associés sont très bons (supérieur à 90% en moyenne pour l'ensemble des paramètres principaux à l'exception de la DCO dissoute et du phosphore). La campagne de mars est la seule pour laquelle la concentration en DBO₅ est supérieure à la limite de l'arrêté 2007. Les concentrations en sortie de stations sont élevées (90 mg/L de DBO₅). Les rendements restent eux suffisants pour remplir l'objectif de rejet qui est celui de l'arrêté de 2007 (60 % de rendement en DCO et DBO₅ et 50% en MES, pour la campagne de mars les rendements sont entre 77 et 79%).

Les concentrations en sortie de station montrent qu'il est possible avec cette configuration de filtre (filtre vertical avec un seul étage, et 80 cm de massif filtrant) de prétendre à des normes de rejets plus contraignantes que la base de l'arrêté de 2007, y compris sur la nitrification. L'annexe 1 revient sur les normes et les niveaux de rejets.

Comme vu dans le point 1.1.1 sur l'historique de la station, durant quelques mois à la fin de 2011, l'exploitant n'a pas pu se rendre sur la station. Un colmatage en a résulté, et a entraîné un curage à l'été suivant. Les suivis ont repris 2 mois après les opérations, et il est intéressant de noter que les rendements obtenus sont comparables aux performances antérieures. La résilience du système, seulement 2 mois après un problème majeur, souligne bien la robustesse de la filière.

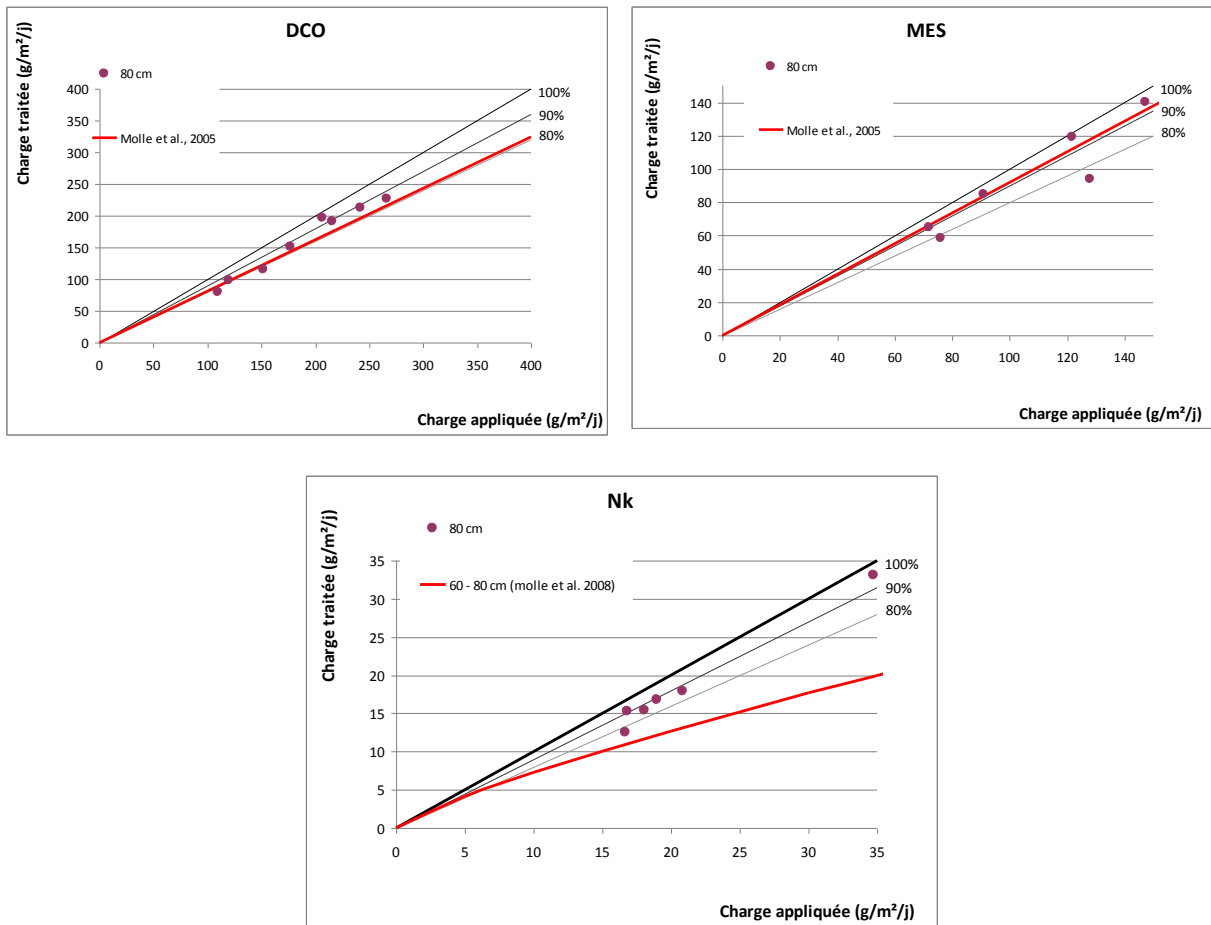
Charges et performances

L'étude des charges amène à distinguer les charges appliquées à l'échelle du filtre prenant en compte la recirculation, des charges reçues globalement par la station.

Charges appliquées sur le filtre

Le fonctionnement des filtres en climat tropical peut être analysé au regard de la comparaison des performances des filtres (charges reçues- y compris la recirculation lorsqu'elle est présente - par rapport aux charges traitées) entre le filtre d'Hachenoua et ceux de métropole (Cf. Figure 16).

Figure 16 : Charge traitée en fonction de la charge appliquée pour DCO, MES et Nk.



Ces résultats montrent que les performances du filtre sont similaires, pour la pollution carbonée et les MES, à ce que l'on observe en métropole, mais se révèle plus hautes pour la nitrification. On peut supposer que les températures favorables autorisent une présence de bactéries nitrifiante et/ou leur activité, plus importante qu'en climat métropolitain où l'hiver impacte vraisemblablement l'activité nitrifiante.

Les charges appliquées ne sont cependant pas supérieures à celles observées en métropole. Il est donc nécessaire de confirmer ces résultats pour des charges supérieures afin de confirmer ces performances pour un dimensionnement plus réduit. Cependant le fonctionnement à deux lits de surface unitaire similaire à ce qui est réalisé en métropole permet déjà de réduire l'emprise totale.

Performances à l'échelle de la station

Les performances globales de la station et les concentrations de sortie sont présentées dans le suivant en fonction du taux de recirculation testé (cf. Tableau 5 : Concentrations et rendements épuratoires de la station d'Hachenoua).

Globalement, ces niveaux de traitement permettent sans problème de respecter le minimum de l'arrêté de 2007 ainsi qu'un niveau de 125/25 en DCO/DBO. Ce constat n'est pas surprenant au regard de l'expérience en métropole sur le fonctionnement d'un premier étage de filtre planté avec (Prost-Boucle et al., 2012) ou sans recirculation (Molle et al., 2005, 2008). Une lecture plus approfondie de ce tableau laisse supposer que la recirculation est nécessaire pour assurer une nitrification complète de l'effluent.

		Sans recirculation				Recirculation < 125 %				Recirculation > 125 %			
		Min	Moy	Max	ET	Min	Moy	Max	ET	Min	Moy	Max	ET
Charge hydraulique (m/j)		0,2	0,43	1,06	0,32	0,39	0,49	0,69	0,14	0,5	0,58	0,63	0,05
DCO	Sortie (mg/L)	36	71	163	53	42	61	71	13	23	44	59	16
	Rendement épuratoire (%)	77%	91%	96%	8%	92%	93%	94%	1%	90%	91%	93%	1%
DBO ₅	Sortie (mg/L)	8	33	90	33	23	23	23	-	8,6	8,6	8,6	-
	Rendement épuratoire (%)	79%	91%	98%	9%	94%	94%	94%	-	-	-	-	-
MES	Sortie (mg/L)	9	26	63	22	10,5	37,7	80	32,5	9	16	30	12
	Rendement épuratoire (%)	77%	91%	98%	9%	88%	93%	95%	4%	94%	95%	97%	2%
Nk	Sortie (mg/L)	2	10	27	12	3	4,9	6	1,3	3	4	5	1
	Rendement épuratoire (%)	70%	90%	98%	13%	89%	93%	96%	4%	94%	95%	96%	1%

Tableau 5 : Concentrations et rendements épuratoires de la station d'Hachenoua

Les limites fonctionnelles du filtre ne sont clairement pas encore atteintes, puisque ce ne sont pas les charges appliquées à l'heure actuelle qui semblent déterminer les performances du filtre. Les graphiques de la Figure 16, ne permettent pas de visualiser rupture dans l'évolution des performances en fonction de la charge. Mais la réduction du nombre de filtre en parallèle et non de leur surface unitaire est déjà une réduction de l'emprise au sol acquise.

1.1.4 CONCLUSIONS

Le suivi de la station de Hachenoua en 2013 a permis de réaliser 3 campagnes, dont une incomplètement. Ces campagnes consolident les résultats entrevus jusqu'à présent.

Les effluents à l'entrée de la station sont considérés comme normaux par rapport à une situation similaire en métropole, bien qu'un peu concentrés. Il semble qu'il y ait d'importantes variations dans la qualité des effluents. Les suivis ne mettent pas en avant une variation saisonnière aussi marquée que dans d'autres DOM.

Les concentrations en sortie de traitement sont faibles, et les rendements épuratoires associés excellents. Les performances pourraient permettre de prétendre à un niveau de rejet supérieur à l'objectif de traitement initial. La comparaison avec les performances de la filière en France (Tableau 6 : comparaisons des performances des filtres à Hachenoua et en métropole.) montre le potentiel des filtres plantés dans les DOM. En fonctionnant que sur 2 lits (contre 3 en métropole) et avec un dimensionnement comparable (1,6 à Hachenoua, pour 1,5 m²/EH en métropole pour le premier étage), les résultats à Mayotte sont comparables, voire supérieurs pour l'azote à ceux d'une filière sur 2 étages.

	Métropole 1er étage		Métropole 2ème étage		Hachenoua	
	Rendements	Concentrations sortie (mg/L)	Rendements	Concentrations sortie (mg/L)	Rendements	Concentrations sortie (mg/L)
DCO	82%	145	91%	66	91%	62
MES	89%	33	95%	14	92%	27
Nk	60%	60	85%	13	92%	6,4

Tableau 6 : comparaisons des performances des filtres à Hachenoua et en métropole.

Les charges reçues par la station sont assez proches de la charge nominale avec un taux de charge hydraulique moyen de 80%, de même que pour la fraction carbonée de la charge organique, et de 70% pour la fraction azotée.

Les limites fonctionnelles du filtre ne sont clairement pas encore atteintes. L'objectif de dimensionnement de la filière dans les DOM à 0,8m²/EH, s'il n'a pas pu être validé à Hachenoua, semble cohérent.

Ces bons résultats doivent cependant être nuancés. Un certain nombre d'incertitudes demeurent, dues aux conditions dans lesquelles ont été réalisés ces suivis (manque de répétabilité), à la qualité de l'exploitation de la station. Ces aspects seront développés dans la dernière partie du rapport.

1.2 Suivi de la station de Totorossa

1.2.1 DESCRIPTIF ET HISTORIQUE DE LA STATION

Descriptif

Le lotissement de Totorossa a été construit par la SIM (Société Immobilière de Mayotte), et est composé de 25 logements de type T3/T4 (on estime en moyenne 3 habitants par logement). Ce lotissement a été choisi pour accueillir une station expérimentale à filtres plantés en remplacement de l'ancien système d'assainissement de type « mini boues activées » qui présentait de graves dysfonctionnements. Suite au colmatage du système d'infiltration, un flacage important et permanent provoquait de fortes nuisances pour le voisinage.

Lors de la rénovation de la station, la présence de l'ensemble des branchements a permis un démarrage immédiat de la nouvelle station et avec une charge importante.

La station de Totorossa est composée :

- d'un décanteur-digester de type « Mayotte-Plastique DD 125, dont la surface utile de la partie décanteur est de 4,6 m² et le volume du digester de 7,6 m³ ;
- d'un poste de refoulement, équipé de 2 pompes dont le fonctionnement est commandé par un jeu de poires de niveau réglable ;
- et, **à l'origine**, de trois filtres à écoulement horizontal en parallèle, d'une surface unitaire de 150 m². Les filtres ont été remplis de 0,60 à 0,70 m de pouzzolane assez grossière et hétérogène et sont saturés en eau jusqu'à environ 5 cm sous la surface pendant leur fonctionnement. Ils sont plantés de diverses plantes : *Typha augustifolia* pour le filtre N°B1 ; *Dieffenbachia* et d'une rangée de *Canna ssp* pour le filtre N° B2 ; de *Thysanolaena maxima* pour le filtre N° B3, avec localement quelques *Papyrus*.
- d'un canal de comptage équipé d'un seuil en V,
- d'un puits d'infiltration souterrain.



© Dirk Esser

Figure 17 : Totorossa, juin 2006 : Filtre B2 planté de *Dieffenbachia* maintenu en fonctionnement

Historique

A l'origine, la station a été dimensionnée pour 145 EH soit une surface filtrante d'environ 3 m² par EH. Elle a été achevée en décembre 2005.

Suite aux premières mesures, notamment de la consommation en eau potable, la charge réelle a été estimée à 74 EH avec de très bonnes performances épuratoires, des travaux ont été décidés durant l'été 2006 pour ne maintenir qu'un seul filtre en fonctionnement (le filtre N°B2, planté de *Dieffenbachia* Figure 17). Le dimensionnement a alors été ramené de 6 à 3 m²/EH.

Puis, en 2007, il a été décidé de circuler les effluents dans un premier filtre (filtre N°B1 planté de *Typha augustifolia*, Figure 18) avant de les envoyer vers le second filtre (filtre N°B2 planté de *Dieffenbachia*). Un poste de refoulement intermédiaire a alors été installé pour permettre une alimentation en série des deux filtres maintenus en fonctionnement. Le filtre B3 est définitivement abandonné.



© Dirk Esser

Figure 18 : Totorossa, juin 2006 : filtre B3 planté de *Thysanolaena maxima* dont l'alimentation sera coupée suite à cette campagne

En 2009, à la demande de la DASS (récemment ARS), des travaux ont été réalisés afin de réduire tout risque de développement de gîtes larvaires pour les moustiques :

- Ajout d'une couche de gravillons 4/6 mm en surface pour éviter l'accès à l'eau aux larves à travers les interstices de la pouzzolane grossière en place,
- Arrachage des *Dieffenbachia* et *Canna sp.* du filtre B2, car l'implantation circulaire des feuilles sur la tige pouvait retenir un petit volume d'eau. C'est *Typha augustifolia* qui a été choisi pour les remplacer (Figure 19 : Totorossa, mai 2010 : au premier plan, le filtre B2 avec les *Dieffenbachia* arrachées et replantation de *Typha augustifolia* et au second plan, le filtre B1 planté de *Typha augustifolia*. © Dirk Esser),
- Aménagements des zones présentant des stagnations d'eau,
- Mise en place de grillage anti-moustique aux endroits où il est impossible de supprimer toute stagnation d'eau susceptible d'être colonisée par les moustiques (aération des postes de refoulement, canal de sortie, ...).



Figure 19 : Totorossa, mai 2010 : au premier plan, le filtre B2 avec les *Dieffenbachia* arrachées et replantation de *Typha augustifolia* et au second plan, le filtre B1 planté de *Typha augustifolia*. © Dirk Esser

En Mai 2010, une campagne a été réalisée selon le modèle de 2 filtres horizontaux en série (filtre B1 puis du filtre B2), tous deux plantés de *Typha augustifolia* (Figure 19).



© Dirk Esser

Figure 20 : Totorossa, novembre 2012 : Filtre B1 planté de *Typha augustifolia* récemment fauchardées

Alors que les suivis suivant devaient s'effectuer selon le même modèle, lors de la campagne de 2012, l'équipe d'Irstea a trouvé la station dans un piteux état : le décanteur primaire débordait et les eaux brutes se répandaient à la surface, allant même jusqu'à remplir le poste de refoulement en aval. Une des deux pompes de refoulement était au sol en dehors du poste, apparemment hors service tandis que la seconde fonctionnait en continu. Aucun écoulement n'était perceptible dans le canal en V, les vannes d'évacuation des effluents en sortie de filtre étaient toutes fermées. Les filtres semblaient fonctionner en circuit fermé.



© Irstea

Figure 21 : Totorossa : débordement du décanteur après mise en charge

A gauche : niveau très haut dans le poste d'entrée, mercredi 14 novembre 2012

A droite : dépôt sur le capot de protection du décanteur (jeudi 15 novembre 2012) avec les traces du débordement de la veille (vidange indirecte par pompage et injection sur les filtres)



© Dirk Esser et Irstea

Figure 22 : Totorossa, fonctionnement à circuit fermé

A gauche : flacage sur le filtre B1 (mercredi 14 novembre 2012)

A droite : mise en charge du poste intermédiaire (jeudi 15 novembre)



© Dirk Esser

Figure 23 : Totorossa, jeudi 15 novembre 2012, colmatage par débordement du décanteur

A gauche : présence de boues dans le poste

A droite : drain d'alimentation du filtre B2 colmaté

L'équipe a remis la station en service. 4 jours après, le bilan 24h a pu être réalisé sur le filtre B1 seulement.

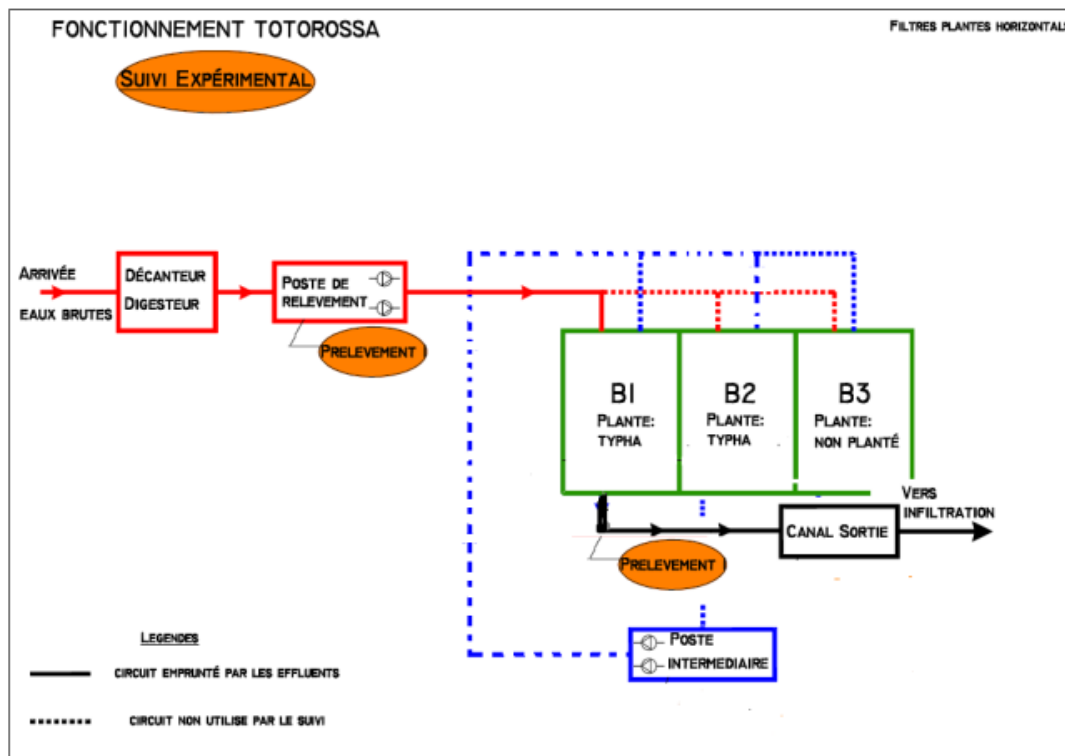
Suite à cette campagne, l'équipe d'Irstea a écrit un certain nombre de préconisations (Eme, 2012) pour l'entretien et l'exploitation des stations. Une formation d'une semaine dans les locaux d'Irstea à Lyon pour les techniciens en charge du suivi et de l'exploitation sur place a été organisée. Elle n'a pu se faire que partiellement en 2013 et est reportée à 2014.

L'équipe d'Irstea renforcée d'une ingénieure chimiste s'est rendue à nouveau à Mayotte en novembre 2013 pour une campagne de suivi et une session de formation. Les fiches de préconisation n'ont pas été utilisées et la station de Totorossa a été retrouvée dans un état comparable à ce qui a été décrit pour 2012. La station n'étant pas exploitée, il a été décidé d'arrêter le suivi.

Méthodologie du suivi

A l'exception de la dernière campagne en 2012, le suivi était fait sur 3 points de prélèvements : dans le poste de refoulement en entrée, dans le poste intermédiaire à la sortie du premier filtre et avant le second, et dans le canal en V à la sortie de la station.

Pour la campagne de 2012, un seul filtre est alimenté. Seuls deux points de mesures sont ainsi considérés (Figure 24) : le poste de refoulement en entrée et le déversoir en V en sortie.



© SIEAM, adapté par Dirk Esser

Figure 24 : Totorossa, schéma de principe pour le bilan 2012 : Filtre B1 en fonctionnement seulement

Evaluation des débits

Les appareils de mesures suivants ont été installés pour rendre compte du débit journalier appliqué à la station :

- *Temps de fonctionnement des pompes* : valeur relevée par la mise en place de pinces ampérométriques et enregistreurs associés (HYDREKA, type Octopus C).
- *Tarage des pompes* : les pompes ont été tarées avant chaque campagne menée par Irstea à partir du suivi en temps réel de la pompe (temps et hauteur d'effluents dans le poste avec mesures du poste).
- *Compteurs électromagnétiques* : un compteur (ENDRESS HAUSER, type PROMAG 10W) est installé depuis la construction de la station sur la canalisation de refoulement qui permet l'alimentation des filtres. Il permet l'enregistrement des volumes pompés.
- *Canal de sortie équipé d'un déversoir en V* : le seuil en V est de type $\frac{1}{4}$ de 90°, les hauteurs d'eau sont mesurées à l'aide de capteurs piézométriques (HYDREKA, de type PDCR 0-100mV) et de leur enregistreur associé (HYDREKA, de type Octopus C). Les données de hauteur d'eau dans le déversoir sont ensuite téléchargées et converties en débit selon la norme NF X 10-311.

Prélèvements

Les échantillons horaires sont réalisés par des préleveurs 24 flacons (HYDREKA, de type SIGMA 900) réfrigérés, avec une programmation d'un prélèvement toutes les 15 mn équivalent à 4 prélèvements par flacon horaire. Une fraction proportionnelle au débit moyen horaire est ensuite prélevée dans chacun des flacons pour constituer un échantillon moyen de 2 litres qui sera soumis à analyses.

Un des deux préleveurs du SIEAM n'était pas réfrigéré (la réfrigération ne fonctionnait pas). Ce dernier a été installé dans le poste d'entrée. La crépine a été positionnée dans poste de refoulement en entrée. Le préleveur réfrigéré a été installé en sortie de FP dans le T au niveau du canal en V (Figure 25).



© Irstea et Dirk Esser

Figure 25 : Installation des préleveurs pour le bilan

A gauche : en entrée au niveau du poste dans le poste de refoulement

Au milieu : en entrée, préleveur non réfrigéré à l'abri

A droite : en sortie du filtre, au niveau du canal en V, crépin dans le T de sortie

Analyses

Les échantillons ont été analysés par le laboratoire du SIEAM, à la STEU de Baobab à Mamoudzou, par des micro-méthodes (spectrophotomètre DR 5000) pour les paramètres DCO, DBO₅ PT, SO₄, NT, NH₄-N, NO₃-N et NO₂-N et par la méthode normalisée pour les MES.

En parallèle, des doublons des échantillons sont filtrés et/ou acidifiés et envoyés dans des laboratoires labélisés COFRAC (méthodes normalisées). En fonction des époques, les doublons ont pu être analysés par le laboratoire d'Irstea (2007-2011), ou par le Laboratoire Départemental d'Analyses (LDA) de la Drôme en 2012.

1.2.2 RESULTATS

Analyses

Les résultats des analyses sont présentés dans le Tableau 7 : Suivis à Totorossa entre 2008 et 2012, concentration en entrée (E), concentration intermédiaire (I), en sortie (S), et rendements associés.ci-après. Il rassemble l'ensemble des données produites entre 2007 et aujourd'hui après validation des analyses. Pour d'autres campagnes toutes les analyses n'ont pas pu être effectuées, c'est ce qui explique la majorité des blancs dans le tableau.

Généralement quand il existe des doublons et que les valeurs sont proches, c'est une valeur moyenne qui est retenue, quand l'écart est important c'est les valeurs des analyses des laboratoires labélisés COFRAC qui sont retenues.

Tableau 7 : Suivis à Totorossa entre 2008 et 2012, concentration en entrée (E), concentration intermédiaire (I), en sortie (S), et rendements associés.
Les cases bleues correspondent aux résultats du SIEAM (microméthodes), les verte à celle des analyses réalisées selon les normes COFRAC, par défaut ce sont ces dernières qui sont retenues.
La ligne rouge correspond à la campagne de novembre 2012 pour laquelle des valeurs moyennes ont été validées.

Date Prélèvement	Débit Retenu	DCO _{brute} (mg/L)			Rdt	Rdt	DCO _{filtré} (mg/L)			Rdt	Rdt	DBO ₅ (mg/L)			Rdt	Rdt	MES (mg/L)			Rdt	Rdt	NK (mg/L)			Rdt	Rdt	NH ₄ -N (mg/L)			Rdt	Rdt	NO ₃ -N (mg/L)		NO ₂ -N (mg/L)		PT (mg/L)		Rdt
		E	I	S	Entre E et I (%)	Entre E et S (%)	E	I	S	Entre E et I (%)	Entre E et S (%)	E	I	S	Entre E et I (%)	Entre E et S (%)	E	I	S	Entre E et I (%)	Entre E et S (%)	E	I	S	Entre E et I (%)	Entre E et S (%)	E	S	E	S	E	S	E	S	Entre E et S (%)			
28/05/08	6,9	425	64	63	85	85						183		17		91	80	13	6,9	84	91																	
11/06/08			86	80													94	3,3	9	96	90																	
18/06/08	6,4	447	97	23	78	95						160	23		86		100	8,7	4	91	96																	
03/07/08	5,2	327	88	50	73	85								14			161	4,4	3,7	97	98																	
23/12/08	6,0	371		72		81	294		69,9		76	187					44,7		10,9		76														9,7	6,1	37%	
11/02/09	7,8	322		22		93	290		14		95	141		7,3		95			5,8			82		21,1		74	72,2		18,8		74	0,05	9,25	0,01	0,07	15,7	3,7	76%
16/04/09	4,5																					95,4	61,2	23,8	36	75	81,1	53,3	19,7	34	76	0,45	1,1	0,01	0,15			
09/06/09	4,8			37,8			261		36,4		86											105	74,0	36,3	30	65	92,1	69,0	33,4	25	64	0,46	1,0	0,02	0,1	12	9,9	18%
09/09/09	5,6	538	123		77		257	99		61												106	70,7		33		86	65,5		24		0,45		0,01				
12/05/10	5,6	272	43	57	84	79	127	39	54,0	69	57											74,1	26,7	36	64	51	67,2	25,4	33,5	62	50	0,04	0,45	0,05	0,16			
27/05/10	5,8	267	51	30	81	89	58	31	30	47	48											88,4	39,7	20,7	55	77	73,3	37	19,2	50	74	0,45	0,8	0,01	0,07			
29/06/10	6,8	263	58	35	78	87	188	55	33	71	82	137		11		92	96	14,1	6	85	94	87,3	48,9	20,9	44	76	74,0	46,1	18,5	38	75	0,45	0,6	0,01	0,07	13,9	4,67	66%
01/11/12	9,8	600		37,4		94	394		28		93	280		17		94	157		10,5		93	89,7					65,9		2,9		96	0,1		0	1,85			
Min	4,5	263	43	21,7	0,7	79	58	31	14,0	5	48	137	23	7,3	0,9	91	44,7	3,3	3,7	0,84	0,76	74,1	26,7	20,7	0,3	51	65,9	25,4	2,9	0,2	50	0,0	0,5	0,0	0,1	9,7	3,7	0,18
Moy.	5,9	359	76	47,0	0,8	87	211	56	39,6	6	77	162	23	12,3	0,9	93	96	8,7	6,6	0,91	0,91	91,2	53,5	26,5	0,4	70	78,0	49,4	23,9	0,4	69	0,3	2,2	0,0	0,1	12,8	6,1	0,49
Max	9,8	600	123	80,0	0,8	95	394	99	69,9	7	95	280	23	17,0	0,9	95	161	14,1	10,9	0,97	0,98	106	74,0	36,3	0,6	77	92,1	69,0	33,5	0,6	96	0,5	9,3	0,1	1,9	15,7	9,9	0,76
Ecart T	1,4	117	27	19,8	0,0	6	106	30	18,4	1	18	52,6	-	4,2	-	0	41	4,9	2,8	0,06	0,07	10,9	18,5	7,6	0,1	10	9,2	16,7	10,4	0,1	14	0,2	3,5	0,0	0,7	2,6	2,7	0,3
Coef.Var	24%	33%	35%	42%	5%	7%	50	54	47%	18	23	33	-	34%	-	2	43%	56%	42%	7%	8%	12%	34%	29%	31	14	12%	34%	44%	38%	20	60%	157	93%	646	20%	45%	55%

Caractérisation des effluents bruts

Les effluents bruts sont classiques en comparaison aux eaux usées brutes des petites collectivités de métropole en zone rurale (Mercoiret, 2010). La fraction carbonée est cependant peu concentrée, de l'ordre de 60% de ce qui est observé classiquement (359 mg/L pour 600 mg/L), alors qu'elle est supérieure de 25% pour la fraction azotée (90 mg/L Nk contre 67 mg/L). Cela s'explique par l'action du décanteur digesteur à l'entrée de la filière. C'est également ce qui explique la proportion plus importante d'azote ammoniacal par rapport à l'azote Kjeldahl.

On constate d'importantes variations pour tous les paramètres entre les différentes campagnes. Comme pour Hachenoua, on considère qu'une partie de ces variations peut s'expliquer par les biais liés à l'organisation des suivis, mais néanmoins on peut penser que les effluents à l'entrée de la station sont effectivement variables.

Le suivi des débits ne permet pas de mettre en évidence un impact de la saison des pluies sur les débits.

Concentrations en sortie de station

Les résultats en sortie de station sont bons : les concentrations sont très faibles à l'exception de l'ammonium, et les rendements généralement proches de 90% pour la fraction carbonée, et 70% pour les formes de l'azote.

Tableau 8 : Concentrations en sortie de station, rendements associés, et normes de rejets.

		Sortie Totorossa	Arrêté Juin 2007
DCO	Concentration (mg/L)	47	
	Rendement (%)	87%	60%
DBO5	Concentration (mg/L)	12,3	35
	Rendement (%)	93%	60%
MES	Concentration (mg/L)	6,6	
	Rendement (%)	91%	50%
Nk	Concentration (mg/L)	26,6	
	Rendement (%)	70%	

Les concentrations et rendements associés permettent largement de répondre aux objectifs réglementaires de l'arrêté de juin 2007. Les concentrations en Nk à la sortie de la station ne permettent pas cependant de prétendre à des objectifs plus élevés (voir Annexe p **Erreur ! Signet non défini.**).

Les filtres plantés horizontaux sont plus performants dans le traitement de l'azote global, grâce à une zone anaérobie importante favorisant la dénitrification. Dans le cas de la station de Totorossa la partie de traitement aérobie est trop limitée, et la nitrification n'est pas complète (comme le montre les concentrations en ammonium).

Il est assez étrange de voir que c'est la dernière campagne qui présente les meilleurs rendements, alors même que c'est la seule qui est faite sur un seul filtre, contre 2 en séries pour les autres. De plus la campagne a été réalisée consécutivement à une importante phase de colmatage.

Charges et performances

L'étude des charges a été faite pour les filtres dans leur ensemble. Le tableau 9 montre que l'apport du second étage n'est pas négligeable (de l'ordre de 40 à 50% d'abattement) sans être comparable au rendement du premier.

Tableau 9 : Charges et performances moyennes de la station de Totorossa entre 2008 et 2012.

	Charge appliquée	Rendement associé (%)	Taux de charge (%)	Coefficient de variation
Hydraulique (m/j)	0,040		54%	24%
DCO (g/m²/j)	14,9	87%	25%	57%
DBO₅ (g/m²/j)	7,50	93%	25%	64%
MES (g/m²/j)	9,60	93%	26%	86%
Nk (g/m²/j)	3,52	70%	48%	33%
Pt (g/m²/j)	0,53	49%	43%	47%

Les bonnes performances de la station sont à relativiser au vue de la faible charge reçue. La charge hydraulique moyenne correspond à la moitié du nominal et le taux de charge varie entre 40 et 80%. Pour la matière organique, la fraction carbonée est déjà fortement abattue par le décanteur digesteur, la station reçoit en moyenne un quart seulement de la charge prévue. La charge azotée est plus importante, de l'ordre de la moitié du nominal.

Les charges, comme les concentrations des eaux brutes et dans une moindre mesure les débits estimés, sont très variables.

1.2.3 CONCLUSIONS

La station de Totorossa reçoit comme celle d'Hachenoua des eaux brutes relativement concentrées. Le décanteur digesteur placé en tête de station abat une partie de la charge carbonée, amenant un déséquilibre entre fraction carbonée et azotée. .

Il semble qu'il y a également à Totorossa d'importantes variations dans la qualité des eaux brutes.

De la même manière qu'à Hachenoua, le suivi n'a pas permis de mettre en avant une variation saisonnière aussi marquée que dans d'autres DOM.

Même si les rendements ne sont pas aussi bons que pour Hachenoua, les normes de rejets sont respectées. La principale limite pour prétendre à un niveau de rejet supérieur est le traitement de l'azote, qui est pourtant le point fort des filtres horizontaux. Ces performances moyennes s'expliquent par le fait que l'ensemble de la filière est anaérobie et ne permet pas de nitrification complète avant la dénitrification dans les filtres.

La station est sous-chargée puisqu'elle reçoit en moyenne une charge de l'ordre de 50% du nominal, voir même moins pour la fraction carbonée.

Les filtres horizontaux sont moins rustiques que les verticaux et sont très sensibles au colmatage, les conditions d'exploitation pas très régulières ont fini par sérieusement endommager la station. Les actions préconisées par Irstea lors du suivi de 2012, pour remettre en état la station, n'ont pas été réalisées. De ce fait, il n'a pas été possible de réaliser de suivi de la station en 2013.

1.3 La station Dewatt à Trévani

1.3.1 DESCRIPTIFS ET HISTORIQUE

Description

La station de Trévani traite les eaux résiduaires de deux lotissements SIM, dits de « Phoenix » et « Rotonde », situés au sud du village de Trévani. Elle est dimensionnée pour recevoir les effluents d'environ 130 foyers abonnés, soit environ 400 EH.

Les réseaux sont séparatifs. Les apports d'eaux pluviales dans le réseau d'assainissement ne peuvent toutefois pas être écartés compte tenu de l'état du réseau.

La station a été mise en service en juin 2010.

La station de traitement DEWATS de Trévani est constituée des éléments suivants :

- un décanteur (décantation/digestion, vidange tous les 6 mois),
- un réacteur anaérobie à chicanes (digestion biologique anaérobie, vidange tous les 2 ans),
- un filtre anaérobie avec support de pouzzolane (rétention boues secondaires, affinage traitement, vidange tous les 2 ans),
- un filtre planté (1^{er} étage vertical, puis 2nd horizontal, plantés de *Typha latifolia*).

Une description plus détaillée est disponible dans le rapport de 2012 (Eme, 2013).

Historique

La station de Trévani a fait l'objet, en 2003, d'une étude en vue de sa réhabilitation par la construction de filtres plantés de roseaux, en tant que troisième projet comme pour les stations d'Hachenoua et Totorossa. Le projet de Trévani a été bloqué par l'absence de la maîtrise foncière des surfaces requises.

La présentation, lors d'une conférence à l'occasion de la célébration des 15 ans du SIEAM en septembre 2007, des solutions de traitement décentralisées, appelées DEWATS, développées entre autres par le « Center for Scientific Research » de la fondation Auroville, en Inde, a ouvert de nouvelles perspectives : la filière est beaucoup plus compacte, le traitement principal est assuré par des réacteurs anaérobies, et en aval des filtres plantés à écoulement horizontal affinent le traitement. Les filtres sont dimensionnés à 0,7 m²/EH, alors que les filtres plantés à écoulement horizontal en aval de décanteur-digesteur en zone tropicale sont habituellement dimensionnés entre 2 et 3 m²/EH.

Il a donc été décidé de construire, avec le concours du « Center for Scientific Research », une station DEWATS pilote à Trévani. Elle a été dimensionnée pour 400 « EH mahorais », c'est-à-dire une charge hydraulique de 40 m³/jour (soit 267 EH). En effet, le relevé de la consommation d'eau potable des deux lotissements en janvier/février 2008 a donné une consommation journalière de 28,8 m³/jour pour 100 abonnés (soit environ 260 L par jour par abonné et environ 96 L par jour et habitant, pour 300 habitants estimées).

A Trévani, le filtre planté à écoulement horizontal de la filière DEWATS classique a été remplacé par un filtre vertical/horizontal dimensionné qu'à 0,25 m² par EH (0,06 m² pour la partie verticale seulement). Ce filtre est un peu particulier : étant données les très faibles charges qu'il devait recevoir, il a été conçu avec un lit unique de manière à gagner en compacité.

Etat de la station lors du suivi de novembre 2012

La station a été mise en eau en juin 2010. Elle a fait objet de quelques bilans 24h par les équipes du SIEAM. Le bilan de novembre 2012 a été le premier bilan réalisé avec le concours de la SINT et d'Irstea. Sur la station en fonctionnement depuis 2 ans, les problèmes suivants ont été relevés :

- Ensablement du déversoir d'orage (DO) sur le réseau gravitaire, curage régulier nécessaire sinon déversements par temps sec ;
- Dépôt de fines dans le canal (couvert) de répartition en amont du réacteur DEWATS responsable d'une mauvaise répartition, curage régulier nécessaire (Nota : les plans d'exécution prévoient une sur profondeur de 5 cm, mais n'ont pas été respectés).
- Vidange du décanteur en tête tous les 6 mois.

Le béton des regards ainsi que les tampons sont attaqués par les condensations acides. Ceci est particulièrement observable dans le canal (couvert) de répartition en amont du réacteur DEWATS, dont la résine de protection est absente. Par ailleurs, la résine de protection commence à se détacher des parties aériennes à l'intérieur du réacteur anaérobie DEWATS.

Une rupture du flexible du siphon a été constatée quelques semaines avant la mission, ce dernier a été remplacé avant notre arrivée (commande de 100 m de flexible par le SIEAM). Le compteur de bâchées dans l'ouvrage de siphonage, en amont des filtres plantés, est hors service.

Des eaux stagnantes sont observées sur le filtre planté notamment sur la partie verticale, alimentée en permanence (pas de possibilité d'alternance) et aussi sur une partie du filtre horizontal sur laquelle les eaux de la partie verticale se déversent. Cette situation engendre des courts-circuits hydrauliques du filtre par des écoulements préférentiels. Les plantations de *Typha augustifolia* restent assez éparées, les plantes ont été faucardées avant notre arrivée (Figure 26).

Selon le service exploitation du SIEAM, il n'y a jamais eu de problèmes d'odeurs, ni de moustiques depuis que le DEWATS a été installé, malgré la présence d'eaux stagnantes.



© Dirk Esser
Figure 26 : Etat du filtre planté en novembre 2012

Une inspection visuelle des chambres du réacteur montre la montée de gaz, témoin d'une activité biologique, dans les 3 premiers compartiments du réacteur à chicane, puis dans les filtres anaérobies. Par contre, il n'y avait pas de bulles de montée de gaz dans le quatrième à sixième compartiment du réacteur à chicanes.

Une liste de recommandations pour améliorer l'exploitation et les suivis, avec des travaux à faire à plus ou moins long terme a été laissée à l'exploitant.

1.3.2 SUIVIS EN 2013

En 2013, 3 campagnes de suivis de la station ont été organisées. La première en novembre 2013, en présence d'une équipe d'Irstea renforcée par une chimiste qui a donné une formation au personnel du SIEAM, et qui a participé aux analyses. Les deux campagnes suivantes ont été réalisées par le SIEAM de manière autonome.

Etat de la station

En novembre 2013, l'équipe d'Irstea a pu constater que les préconisations faites l'année précédente ont trop rarement été mises en œuvre.

Le curage du réacteur est fait régulièrement tous les 6 mois.

A l'arrivée des eaux brutes dans la station, on constate des dépôts dans le canal de répartition des effluents dans le réacteur, ainsi qu'une dissolution importante du béton de l'ouvrage.

Au niveau du réacteur anaérobie, comme l'année précédente, il n'y a plus d'activité biologique (pas de bullage) après le 4^{ème} compartiment.

Le flexible du siphon est de nouveau hors service. Cela pose problème pour estimer le nombre de bâchées et les débits envoyés vers les filtres. Pour pallier ce problème, une sonde pression a été installée pour vérifier le débit en relatif.

On constate la présence de Typha uniquement à l'aplomb du drain, ou l'on note également un flaquage et la présence d'algues. Il n'y a pas de flaquage sur le reste du filtre.

Le technicien du SIEAM a pu nous communiquer les informations suivantes sur l'état de la station en avril 2014 : les travaux de remplacement du grillage demandés depuis novembre 2012 n'ont toujours pas été entrepris. De ce fait, rien ne limite l'accès des riverains à la station. Il y aurait de nombreux actes de malveillance entraînant la dégradation du site (plantes, ouvrages). Le flexible du siphon n'a toujours pas été remplacé et les filtres ne sont toujours pas alimentés par bâchées.

Méthodologie du suivi

Lors de la campagne de novembre 2012, 2 préleveurs avaient été installés à l'entrée de la station (fosse de décantation) et dans l'ouvrage de siphonage. Un prélèvement ponctuel avait été fait en sortie de station pour évaluer l'impact des filtres.

Pour la première campagne de 2013, des choix différents ont été faits de manière à évaluer la filière dans son ensemble ; les prélèvements ont été faits à l'entrée dans le décanteur et en sortie de filtre dans la conduite coudée de mise en charge. Un prélèvement ponctuel dans le siphon a également été fait.

Les 2 campagnes réalisées par le SIEAM ont été faites sur le modèle de celle de 2012. De ce fait, l'efficacité des filtres n'est pas évaluée.

Evaluation des débits

Pour la campagne de 2012, des sondes pression avaient été installées dans le canal Venturi en sortie des FPR et dans l'ouvrage de siphonage : dans ce dernier, l'objectif était seulement de mesurer le nombre des bâchées (compteur hors service).

Le volume des bâchées est estimé à 520 litres (surface d'eau dans le regard $1,20 \text{ m} \times 1,20 \text{ m} = 1,44 \text{ m}^2$ multiplié par la hauteur de bâchée de $0,36 \text{ m} = 0,5184 \text{ m}^3$).

Par ailleurs, un débitmètre mesurant le débit (hauteur/vitesse) de la marque MAINSTREAM, HYDREKA est installé dans la demi-conduite du déversoir d'orage (DO).

Pour les campagnes de 2013, l'évaluation des débits reposait uniquement sur les mesures des sondes pressions, le siphon étant hors service, il n'y avait pas d'alimentation par bâchées.

Débitmétrie :

Le débitmètre placé à l'entrée de la station dans le DO n'est pas fiable en raison de son ensablage et des nombreux dépôts dans le canal de répartition.

La mesure du débit par sonde de pression dans le siphon donne des résultats incohérents et inexploitable (Figure 27).

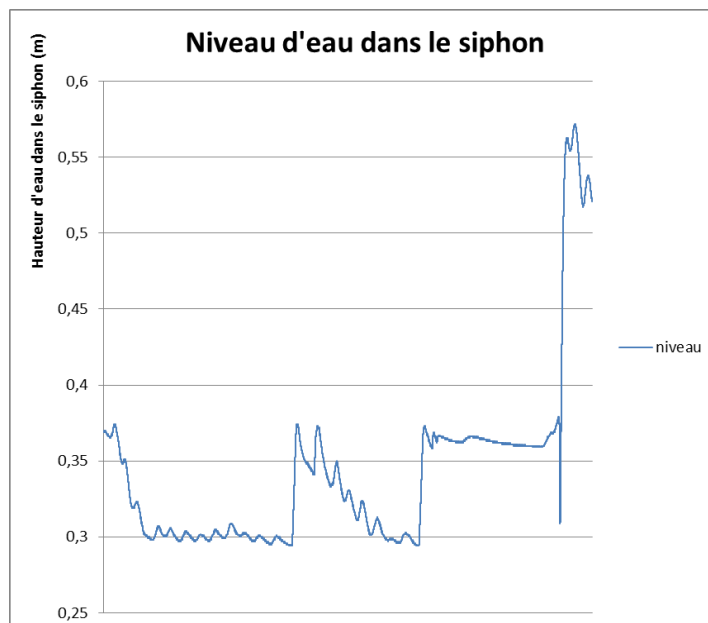


Figure 27 : évolution du niveau d'eau dans le siphon au cours du suivi 24h du 27/01/2014 au 28/01/2014.

Il n'a pas été possible pour les suivis de 2013 d'avoir une estimation fiable des débits d'eau traités par la station. Il ne sera donc pas possible d'évaluer la charge reçue par la station.

Il faut garder en tête que le débit retenu pour la campagne de novembre 2012 était considéré comme suspect : d'après les sondes pressions, 35 bâchées avaient été comptées, pour un volume moyen estimé de 520L par bâchée, soit 18,2 m³/j. Cela paraissait très faible en regard des 29 m³ consommés ce jour-là d'après les compteurs d'eau potable. A défaut de mieux, nous reprendrons dans la partie sur les charges les valeurs calculées en 2012.

1.3.2.1 RESULTATS

Analyses

Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau ci-après.

Les rendements Rdt 1 et Rdt 2 correspondent respectivement aux rendements épuratoires du couple « décanteur – réacteur anaérobie » et « décanteur – filtre planté ».

Tableau 10 : Suivis à Trévani entre 2012 et 2014, concentration en entrée (E), concentration en sortie de filtre anaérobie – siphon d'alimentation des FPR (S1), en sortie de station (S2), et rendements associés. Les cases bleues correspondent aux résultats du SIEAM (microméthodes), les verte à celle des analyses réalisées selon les normes COFRAC, par défaut ce sont ces dernières qui sont retenues. Les valeurs bleues ont été mesurées sur des échantillons ponctuels.

Date Prélèvement	DCO _{brute} (mg/L)			Rdt 1	Rdt 2	DCO _{filtré} (mg/L)			Rdt1	Rdt 2	DBO ₅ (mg/L)			Rdt 1	Rdt 2	MES (mg/L)			Rdt 1	Rdt 2	NK _{brute} (mg/L)			Rdt 1	Rdt 2	NH ₄ -N (mgN/L)			Rdt 1	Rdt 2	PT (mg/L)			Rdt 1	Rdt 2
	E	S1	S2	(%)	(%)	E	S1	S2	(%)	(%)	E	S1	S2	(%)	(%)	E	S1	S2	(%)	(%)	E	S1	S2	(%)	(%)	E	S1	S2	(%)	(%)	E	S1	S2	(%)	(%)
12/11/2012	614	94	69	85	89	227	77	62	66	73	230	20	17	91	93	202	15	5	93	98	113	95	71	15	37	91	90	67	1,1	26	18,3	11,4	8,6	38	53
28/10/2013	668	176	88	74	87	227		58		74						247	7	7,5	97	97	96		58		40	91		52		43	9,78	9,6	8	1	18
28/01/2014	207	118		43		58	71		-22		78	41		47		310	37		88		26	57		-120		25	55		-121		3,6	5,25		-46	
25/02/2014	471	69		85		177	37		79		280	26		91		218	9		96		62	40		36		52	37		29		7,2	3,3		54	
Min	207	69	69	43	87	58	37	58	-22	73	78	20	17	47	93	202	7	5	88	97	26	40	58	-120	37	25	37	52	-121	26	3,6	3,3	8	-46	18
Moyenne	490	114	79	72	88	172	62	60	41	74	196	29	17	76	93	244	17	6,3	93	98	74	64	64	-023	38	65	61	60	-30	34	9,7	7,4	8,3	12	35
Max	668	176	88	85	89	227	77	62	79	74	280	41	17	91	93	310	37	7,5	97	98	113	95	71	36	40	91	90	67	29	43	18	11,4	8,6	54	53
Ecart type	206	46	13	20	1,4	80	21	2,8	55	1	105	11	-	25	-	48	14	1,8	4	-	38	29	9	84	1,9	30	27	11	80	12	6,3	3,8	0,4	44	25
Coeff var (%)	42	40	17	28	2	46	35	5	135	2	54	37	-	33	-	19	81	28	4	-	52	45	14	-370	5	50	44	18	-263	34	64	51	5	370	69

Caractérisation des effluents bruts

Sur les 4 campagnes de suivi dont on dispose, les 2 premières (novembre 2012 et 2013) sont assez proches en termes de concentration et correspondent aux caractéristiques classiques des eaux usées brutes des petites collectivités de métropole en zone rurale (Mercoiret, 2010).

La fraction azotée est cependant très concentrée, de l'ordre de 150% de ce qui est observé classiquement (91 mg/L de NH_4 contre 55mg/L, et 105 mg/L Nk pour 67 mg/L). Le rapport DBO_5/Nk habituellement autour de 3,9 est ici à 2,04. Les prélèvements ayant été faits dans le digesteur, on peut imaginer que la fraction carbonée a déjà été partiellement traitée par l'ouvrage, ce qui expliquerait ce déséquilibre. Les eaux usées brutes reçues par la station de Trévani sont considérées comme classique, bien que fortement concentrées.

Les 2 dernières campagnes (janvier et février 2014) présentent des effluents bruts bien plus dilués. Nous n'avons pu récupérer qu'une partie des données de pluviométrie. Lors de la campagne de janvier (la plus diluée), il serait tombé 33,4 mm sur la station. Il semblerait que la station soit très fortement impactée par les pluies (concentration divisées par 3 entre la campagne de novembre et celle de janvier). Des infiltrations d'eaux claires parasites sur le réseau sont suspectées.

Concentrations en sortie de station

Les concentrations et rendements associés permettent de répondre aux objectifs réglementaires de l'arrêté de juin 2007.

Le faible abattement de la fraction azotée ne permet pas de prétendre à des objectifs plus élevés (voir Annexe). Les processus anaérobies, s'ils ne sont pas couplés avec des phases aérobies permettant une nitrification, ne peuvent pas autoriser un traitement poussé de l'azote. Les concentrations en sortie de réacteur DEWATT correspondent vraisemblablement à un « bruit de fond » incompressible pour ce type de procédé.

Les dimensionnements choisis pour les filtres plantés correspondaient à une charge à traiter bien inférieure à ce qui arrive réellement sur les filtres. Le fait qu'il n'y ait qu'un seul lit, sans alternance pour laisser le temps au massif de minéraliser la matière qu'il reçoit, a entraîné son colmatage précoce. Malgré ces mauvaises conditions, les premières campagnes montrent que l'abattement en azote réalisé dans le filtre n'est pas négligeable.

Charges

Comme vu précédemment, il n'a pas été possible d'avoir une estimation fiable des débits traités par la station pour les campagnes de 2013. L'évaluation des charges est donc impossible. Les résultats suivants ont été obtenus à partir de la campagne de 2012 et sont tirés du rapport sur le suivi 2012 (Eme, 2013).

Les résultats présentés dans les tableaux suivants (Tableau 11, Tableau 12, Tableau 14) sont calculés à partir du débit journalier de 18,2 m³ mesuré par le nombre des bâchées lors du bilan en novembre 2012.

Tableau 11 : Charges et rendements de la station de Trévani

	Charge entrée station	Charge entrée FP	Charge sortie station	Rendement Dewats	Rendement FP	Rendement station
DCO (kg/j)	10,1	1,4	1	86%	27%	90%
DBO₅ (kg/j)	4,2	0,4	0,3	91%	15%	93%
MES (kg/j)	4,7	0,2	0,2	95%	35%	97%
NTK (kg/j)	2	1,7	1,3	15%	26%	37%

On observe un bon abattement de la pollution organique et, sans surprise, un faible abattement des composés azotés par les réacteurs anaérobies. L'effet du filtre planté sur l'abattement de la pollution organique reste marginal, mais, malgré le colmatage du filtre vertical et de la surverse d'une partie des eaux sur le filtre horizontal, on observe un certain abattement des composés azotés dans le filtre

planté, vraisemblablement par nitrification dans la partie verticale et dénitrification dans la partie horizontale - il n'y a quasiment pas de composés azotés oxydés (nitrates, nitrites) en sortie.

Le taux de charge est de 46 % pour la charge hydraulique et de l'ordre de 25 % pour la charge organique, sous réserve que le débit mesuré soit exact. (Nous rappelons qu'il semble très faible compte tenu des dernières données connues de consommation d'eau potable pour les deux lotissements).

La charge appliquée sur le réacteur DEWATS, par rapport au volume utile vide, ainsi que les temps de séjour théorique dans le réacteur à chicane et dans le filtre anaérobie sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 12 : Charge volumique et temps de séjour dans le réacteur anaérobie à Trévani

Charge volumique en DCO sur le réacteur	58,3 d DCO/m ³ /j
TDS dans le réacteur à chicanes	5,7 j
TDS dans le filtre anaérobie	2,3 j

Il paraît intéressant de connaître les performances de la station à la charge nominale, à savoir à une charge d'environ 230 g de DCO par m³ et des temps de séjour de 2,6 et 1,1 jours respectivement, pour le réacteur à chicanes et le filtre anaérobie. Un suivi de la station fonctionnant sur une seule file est envisageable.

Les concentrations mesurées en sortie du DEWATS correspondent vraisemblablement aux limites de la concentration résiduelle en sortie d'un réacteur anaérobie, elles ne seraient pas directement liées à la charge en entrée.

En ce qui concerne la partie verticale du filtre planté, les charges appliquées sont les suivantes (Tableau 13) :

Tableau 13 : Charges appliquées sur la partie verticale du filtre planté à Trévani

Charge spécifique en DCO sur le FP vertical	57,6 g DCO/m ² /j
Charge spécifique en MES sur le FP vertical	9,6 g MES/m ² /j
Charge spécifique en Nk sur le FP vertical	73,3 g Nk/m ² /j
Charge hydraulique sur le FP vertical	0,76 m/j

Les charges en DCO et la charge hydraulique sont manifestement trop importantes pour maintenir un bon fonctionnement du filtre planté à percolation verticale sans alternance ni période de repos.

Les charges en azote sont trop importantes pour assurer une bonne nitrification.

Tableau 14 : Charges appliquées sur l'ensemble du filtre planté à Trévani

Charge spécifique en DCO sur le FP (2 étages)	11,5 g DCO/m ² /j
Charge spécifique en MES sur le FP (2 étages)	1,9 g MES/m ² /j
Charge spécifique en Nk sur le FP (2 étages)	14,5 g Nk/m ² /j
Charge hydraulique sur le FP (2 étages)	0,15 m/j

Par rapport aux références bibliographiques sur les filtres plantés à écoulement horizontal, les charges appliquées sont comparables pour la DCO, très inférieures pour les MES, très supérieures pour l'azote kjeldahl et environ le double pour la charge hydraulique. Il est rappelé que cette dernière ne représente qu'environ 50 % de la charge nominale.

1.3.3 CONCLUSIONS

La station de Trévani reçoit comme celle d'Hachenoua et de Totorossa des eaux brutes relativement concentrées. Le décanteur digesteur placé en tête de station abat une partie de la charge carbonée, amenant un déséquilibre entre fraction carbonée et azotée.

Il n'a pas été possible de le vérifier par un suivi débitimétrique, mais l'étude des concentrations des eaux brutes entrant à la station montre qu'il y a un impact important des pluies sur les effluents. Comme en Guyane, on peut s'interroger sur la présence d'eaux claires parasites.

Même si les rendements ne sont pas aussi bons que pour les autres filières, les objectifs de traitement sont tout de même atteints sans problème.

La station est sous-chargée puisqu'elle reçoit en moyenne une charge hydraulique de l'ordre de 50% du nominal et une charge organique encore plus faible autour de 25% du nominal.

En revanche, le filtre planté est lui sous-dimensionné par rapport à la charge qu'il a à traiter. L'impossibilité de mettre en place une alternance a été très préjudiciable et a provoqué un colmatage de l'ouvrage.

2 Problèmes rencontrés et enseignements pour la filière dans les DOM

Comme mentionné tout au long de ce rapport, un certains nombres de problèmes sont apparus au cours de ces 7 années de suivis. Ils sont rassemblés ici autour de 4 thématiques selon s'ils relèvent d'un problème de conception, d'exploitation, ou d'actes de malveillances. La problématique des plantes adaptées aux filtres sera également développée.

2.1 Conception

2.1.1 SURDIMENSIONNEMENT

A l'exception d'Hachenoua dont le dimensionnement a été divisé par 2 après les premiers mois d'exploitation, les stations sont très faiblement chargées.

La caractérisation de la charge polluante réellement émise par un habitant est un problème récurrent, qui induit des erreurs de dimensionnement des stations. En France, des études nationales tendent à caractériser les effluents dits de grosses collectivités (milieu urbain de métropole, (Canler, 2007)) ou issus de petites collectivités (milieu rural de métropole, (Mercoiret and Molle, 2010)). En revanche, les effluents émis à Mayotte et dans les autres DOM peuvent présenter des équilibres différents, induits par des usages de l'eau autres que les « habitudes » de métropole.

A Mayotte, le SIEAM a défini un « EH mahorais » qu'il conviendrait de renommer « charge polluante moyenne émise par un habitant mahorais » pour éviter de nouvelles confusions.

Tableau 15 : EH Métropolitain et Mahorais

	EH Métropolitain	EH Mahorais	Ratio
Hydraulique (L/j)	150	100	0,67
DCO (g/j)	120	100	0,83
DCO filtrée (g/j)	48	40	0,83
DBO₅ (g/j)	60	45	0,75
MES (g/j)	65	50	0,77

Il pourrait être intéressant de voir s'il y a des points communs entre les rejets à Mayotte et dans les autres DOM et les comparer à ce qui a été décrit en Métropole de manière à affiner les dimensionnements futurs.

2.1.2 ERREURS DANS LE DIMENSIONNEMENT

Comme ça a été le cas pour les filtres plantés à l'aval de DEWATS. La charge à traiter avait sans doute été mal estimée au départ, c'était le premier essai de cette filière à Mayotte.

Le cas de Trévani montre que même en contexte tropical, il semble périlleux de concevoir un filtre vertical sans période de repos.

2.1.3 LE SUIVI DEBIMETRIQUE

C'est le problème récurrent sur toutes les stations. Il semble important de réfléchir à l'organisation des suivis dès la conception de la station.

2.1.4 MULTIPLICATION DES LABORATOIRES D'ANALYSE

A l'avenir il sera intéressant, dès le début d'un suivi, de trouver localement un laboratoire aux standards de l'Irstea pour faire les analyses des prélèvements. L'envoi d'échantillons en métropole est très complexe et trop aléatoire au vue des standards de qualité attendus.

2.1.5 ACIDE SULFURIQUE

Dans la station de Trévani, il y a eu des observations concernant un effritement des bétons. La problématique est connue et il n'y a pas de solution excepté la réduction de la longueur des réseaux.

2.2 Exploitation

Le SIEAM, partenaire du projet, est en charge de l'exploitation des stations. Le personnel remplit ses missions avec les moyens dont il dispose. Il n'en reste pas moins que les problèmes rencontrés au cours de l'exploitation sont riches d'enseignements.

2.2.1 MECONNAISSANCE DU FONCTIONNEMENT DE LA STATION

Cela a manifestement été le cas lorsque le personnel a modifié les jeux de vannes de la station de Totorossa lors du colmatage du premier filtre en 2012.

Pour pallier ces problèmes, une formation rassemblant l'ensemble des partenaires travaillant sur des FPR dans les DOM est organisée dans les locaux d'Irstea à Lyon. Il sera également utile de continuer à faire des formations lors des déplacements de l'équipe sur le terrain.

2.2.2 ENTRETIEN ET EXPLOITATION IRREGULIERE

Même si les filières de FPR sont robustes, les expériences de Mayotte montrent que sans un minimum d'entretien (poires de niveaux, pompes...) et sans alternances régulières, la durée de vie des stations est très courte.

L'expérience d'Hachenoua nous a permis de constater un retour à la normale du fonctionnement de la station, 2 mois après un curage consécutif à colmatage dû à un arrêt durant un an de l'alternance des filtres. La capacité de résilience doit dépendre de l'âge de la station, mais ce constat est très encourageant pour la filière.

2.2.3 APPROVISIONNEMENT

Certains ouvrages (siphon par exemple) semblent présenter des faiblesses. Des casses à répétition peuvent rapidement avoir des conséquences lourdes quand les délais d'approvisionnement sont importants.

2.3 Malveillances, négligences et méconnaissances

Plusieurs problèmes liés à des interventions extérieures ont été rapportées : arrachage ou disparition de plantes, dégradation des ouvrages (cheminées d'aération, géotextiles), mais aussi la présence d'animaux d'élevage en train de paître sur les filtres. Ces événements sont restés isolés et ne semblent pas refléter de mauvais accueil de la filière localement. Pour régler une partie de ces problèmes il est important de sécuriser les sites en maintenant les enceintes grillagées en bon état.

Malgré des situations problématiques de flaques conséquent et prolongé (Trévani), nous n'avons pas eu d'échos de plaintes des riverains.

2.4 Quelles plantes pour les FPR dans les DOM ?

5 plantes différentes ont été testées sur les filtres de Mayotte, aucune n'a donné satisfaction.

Thysanolaena maxima et *Typha augustifolia* sont encore en place aujourd'hui. Elles semblent fragiles (plusieurs fois replantées) et assez mal s'adapter aux filtres en raison d'une trop forte compétition avec les adventices, ou d'un manque d'adaptation au stress hydrique (*Typha* sur Trevani).

Arundo donax a été testée sur un filtre, et semblait convenir. Mais face à sa trop bonne adaptation et dissémination, et donc au risque invasif qu'elle représentait, il a été décidé de l'arracher.

Cana Sp. et *Dieffenbachia* ont été arrachées à la demande de la DDASS. Les plantes pouvaient, par rétention d'eau à l'aisselle des feuilles, être le siège de gîtes larvaires de moustiques, vecteurs de nombreuses maladies dans cette zone.

La problématique des plantes est transversale à tous les DOM. Une étude pour trouver localement des plantes adaptées dans chaque DOM a été initiée en 2014.

3 CONCLUSIONS

Etat des stations

Les stations d'Hachenoua et de Totorossa témoignent de maintenance et entretien du matériel de pompage et câblage trop irréguliers. Les épisodes de grèves par le blocage des axes de communication ont affecté le fonctionnement des stations par l'absence d'entretien pendant plusieurs mois. En revanche, en dehors de cette situation exceptionnelle, les stations présentent des résultats satisfaisants avec des concentrations en sortie de station conformes aux exigences réglementaires.

Tableau 16 : Comparaison des concentrations moyennes en sortie de stations.

	Hachenoua	Totorossa	Dewats
DCO (mg O ₂ /L)	62	47	72
MES (mg/L)	27	6,6	6,3
NTK (mg/L)	6,4*	26,5	60

* on suppose en sortie $C_{NTK} = C_{NNH4}$

Le curage des stations de Totorossa et Trévani (DEWATS) est effectué régulièrement mais on peut se poser la question de la destination de ces boues d'épuration et quelles sont les voies de valorisation développées sur l'île.

Performances et suivi dans le temps

Le suivi depuis 2007 des stations d'Hachenoua et de Totorossa met en évidence une stabilité du traitement sur ces cinq années. De plus, chacune des stations dispose toujours de réserve foncière pour l'accueil de nouvelles charges à traiter.

La station d'Hachenoua, en dépit de l'erreur du point d'échantillonnage, semble présenter une augmentation de charges et de meilleurs rendements épuratoires qu'une station classique à 2 étages en métropole pour des charges équivalentes. Cependant, ces observations doivent être confirmées et approfondies. Il faut rappeler que le filtre a subi un épisode de colmatage 6 mois avant le bilan (suite aux grèves et au manque d'exploitation associé).

La station de Totorossa a également subi des perturbations avec des défaillances des équipements électromécaniques tout en garantissant un traitement fiable. La mise en place du bilan, après ces dysfonctionnements, ne permet pas d'inscrire ces résultats dans un fonctionnement de routine et encore moins de les transposer, mais permet d'observer la robustesse des filtres. Les rendements épuratoires observés sont importants et respectent les objectifs de rejet.

La station DEWATS à Trévani, plus récente, est largement sous-chargée. Les performances observées sont très satisfaisantes, le filtre planté nécessite quelques modifications pour permettre un affinage du traitement. Il paraît intéressant de poursuivre le suivi de cette station, notamment avec des charges plus élevées pour quantifier ces limites. En attendant, ce procédé semble garantir une qualité de traitement avec une faible maintenance et sans dépendance énergétique. Une attention particulière devra être portée au curage du réacteur anaérobie, au volume et à la qualité des boues évacuées.

Pour conclure, ces résultats confirment la fiabilité de traitement des filtres plantés de végétaux, ces filières étant considérées comme robustes. Leur emprise au sol est actuellement largement réduite (1 m²/EH pour le FPv d'Hachenoua, 3 m²/EH pour le FPh de Totorossa et 1,6 m²/EH à Trévani) en comparaison du dimensionnement préconisé en métropole (2,5 m²/EH pour le FPv et 5 m²/EH pour le FPh). La station DEWATS a un potentiel de compacité important que l'on ne peut pas actuellement quantifier faute de charges polluantes suffisantes en entrée de station.

4 Glossaire

Bâchée : volume déversé séquentiellement lors d'une période l'alimentation.

Boues : matières solides décantées qui se déposent au fond d'un décanteur ou d'une fosse toutes eaux. On qualifie également les dépôts qui s'accumulent sur les filtres plantés à écoulement vertical alimentés en eaux usées brutes.

Charge hydraulique : débit journalier reçu par la station sous forme de hauteur d'eau (exprimée en m^3/jour).

Charge organique : masse journalière de pollution reçue par la station (exprimée en kg/jour). La charge organique peut être calculée à partir de la DBO_5 ou de la DCO.

Equivalent Habitant : défini par la Directive Européenne Eaux Résiduaires Urbaine comme une charge journalière correspondant à 60 g de DBO_5 .

Eaux usées brutes : Eaux ménagères et eaux vannes issues d'une habitation domestique.

Fines : particules dont le diamètre est inférieur à $80 \mu\text{m}$.

5 Sigles & Abréviations

ARS : Agence Régionale de Santé

BA : Boues Activées

DASS : Direction des Affaires Sanitaires et Sociales

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène à cinq jours, concentration exprimée en mg d'O₂/L

DCO : Demande Chimique en Oxygène, concentration exprimée en mg d'O₂/L

DERU : Directive Européenne sur les Eaux Résiduaire Urbaines

DEWATS : Decentralized Wastewater Treatment System

DO : Déversoir d'Orage

DOM : Département d'Outre-Mer

DOMCOM : Département d'Outre-Mer et Collectivités d'Outre-Mer

EH : Equivalent-Habitant

FP : Filtre Planté

FPh : Filtre Planté à écoulement Horizontal

FPR : Filtre Planté de Roseaux

FPv : Filtre Planté à écoulement Vertical

Irstea : Institut national de Recherches en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

LDA : Laboratoire Départemental d'Analyses

LDEHM : Laboratoire Départemental des Eaux et d'Hygiène du Milieu à l'Ile de la Réunion

MES : Matières en Suspension, concentration exprimée en mg/L

MVS : Matières Volatiles en Suspension, concentration exprimée en mg/L

NGL : Azote Global, concentration exprimée en mg de N/L

N-NH₄ : Azote Ammoniacal, concentration exprimée en mg de N/L

N-NO₂ : Ions nitrites, concentration exprimée en mg de N/L

N-NO₃ : Ions nitrates, concentration exprimée en mg de N/L

NTK : Azote Kjeldahl, concentration exprimée en mg de N/L

Onema : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

P-PO₄ : Ions phosphates, concentration exprimée en mg de P/L

PT : Phosphore Total, concentration exprimée en mg de P/L

SIEAM : Syndicat Intercommunal d'Eau et d'Assainissement de Mayotte

SIM : Société Immobilière de Mayotte

SINT : Société d'Ingénierie Nature et Technique

SO₄ : Ions Sulfates, concentration exprimée en mg/L

STEU : Station de traitement des Eaux Usées

TDS : Temps De Séjour

6 Bibliographie

- Alexandre, O., Boutin, C., Duchene, P., Lagrange, C., Lakel, A., Lienard, A. and Ortiz, D., 1997, Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités: Document technique, FNDAE, v. 22.
- Boutin, C. and Dubois, V., 2011, Utilisation de bandelettes pour la mesure des rejets azotés et l'estimation du fonctionnement de certains dispositifs d'ANC. Rapport final. , *in* Irstea, C.O., ed., Irstea, p. 35p. + ann. 12p. .
- Canler, J.P.P., J.M., 2007, FNDAE 35 Les clarifloculateurs plus particulièrement utilisés en traitement tertiaire, *in* FNDAE, ed., Volume FNDAE 35, Irstea.
- Henze, M., 2008, Biological wastewater treatment : principles, modelling and design: London, IWA Pub.
- Mercoiret, L. and Molle, P., 2010, Le groupe de travail EPNAC sur l'évaluation des procédés nouveaux d'assainissement des petites et moyennes collectivités, p. 2.

7 Table des figures

Figure 1 : Septembre 2007, après une première plantation de <i>Thysanolaena maxima</i>	12
Figure 2 : Septembre 2008, les <i>Thysanolaena maxima</i> ont disparu.....	13
Figure 3 : Avril 2009, les <i>Typha augustifolia</i> se sont bien développées sur le demi-filtre à droite et beaucoup moins sur le demi-filtre à gauche.....	13
Figure 4 : Septembre 2009, <i>Typha augustifolia</i> a complètement disparu du demi-filtre à gauche.....	14
Figure 5 : Mai 2010, replantation de <i>Typha augustifolia</i> et de <i>Thysanolaena maxima</i>	14
Figure 6 : Colmatage des filtres, novembre 2011.	15
Figure 7: Etat des filtres en Novembre 2012.....	15
Figure 8: Hachenoua : poste d'entrée en octobre 2013.....	16
Figure 9 : Hachenoua : prélèvements des matériaux et dépôt de surface	16
Figure 10 : Hachenoua : vue d'ensemble des filtres en octobre 2013.....	16
Figure 11 : cahier d'exploitation d'Hachenoua.	17
Figure 12: Hachenoua : filtre en octobre 2013.....	17
Figure 13 : station d'Hachenoua 22 avril 2014.....	18
Figure 14 : Installation des préleveurs pour le bilan.....	19
Figure 15 : Schéma de principe de la station d'Hachenoua et localisation des points de prélèvement.	19
Figure 16 : Charge traitée en fonction de la charge appliquée pour DCO, MES et Nk.	23
Figure 17 : Totorossa, juin 2006 : Filtre B2 planté de <i>Dieffenbachia</i> maintenu en fonctionnement	25
Figure 18 : Totorossa, juin 2006 : filtre B3 planté de <i>Thysanolaena maxima</i>	26
Figure 19 : Totorossa, mai 2010 : au premier plan, le filtre B2 avec les <i>Dieffenbachia</i> arrachées et replantation de <i>Typha augustifolia</i> et au second plan, le filtre B1 planté de <i>Typha augustifolia</i>	27
Figure 20 : Totorossa, novembre 2012 : Filtre B1 planté de <i>Typha augustifolia</i> récemment faucardées	27
Figure 21 : Totorossa : débordement du décanteur après mise en charge	28
Figure 22 : Totorossa, fonctionnement à circuit fermé.....	28
Figure 23 : Totorossa, jeudi 15 novembre 2012, colmatage par débordement du décanteur	28
Figure 24 : Totorossa, schéma de principe pour le bilan 2012	29
Figure 25 : Installation des préleveurs pour le bilan.....	30
Figure 26 : Etat du filtre planté en novembre 2012	35
Figure 27 : évolution du niveau d'eau dans le siphon au cours du suivi 24h du 27/01/2014 au 28/01/2014.....	37

8 Table des tableaux

Tableau 1 : Concentrations des effluents bruts à l'entrée des stations.....	8
Tableau 2 : Rendements épuratoires et objectifs de rejets.....	9
Tableau 3 : taux de charge des stations.	9
Tableau 4 : Suivis à Hachenoua entre 2008 et 2013.	21
Tableau 5 : Concentrations et rendements épuratoires de la station d'Hachenoua	24
Tableau 6 : comparaisons des performances des filtres à Hachenoua et en métropole.....	24
Tableau 7 : Suivis à Totorossa entre 2008 et 2012,.	31
Tableau 8 : Concentrations en sortie de station, rendements associés, et normes de rejets.	32
Tableau 9 : Charges et performances moyennes de la station de Totorossa entre 2008 et 2012.	33
Tableau 10 : Suivis à Trévani entre 2012 et 2014,	38
Tableau 11 : Charges et rendements de la station de Trévani	39
Tableau 12 : Charge volumique et temps de séjour dans le réacteur anaérobie à Trévani	40
Tableau 13 : Charges appliquées sur la partie verticale du filtre planté à Trévani	40
Tableau 14 : Charges appliquées sur l'ensemble du filtre planté à Trévani	40
Tableau 15 : EH Métropolitain et Mahorais.....	42
Tableau 16 : Comparaison des concentrations moyennes en sortie de stations.....	44

9 Annexe :

Normes réglementaires et niveaux de rejets

L'arrêté du 22 Juin 2007 modifie les niveaux de rejets admissibles en sortie de traitement. Les tableaux suivant en proposent une synthèse :

	Concentration	Rendement minimal
DBO5	35 mg/L STEP de 1,2 à 120 kg de DBO5/j	60% STEP de 1,2 à 120 kg de DBO5/j
	25 mg/L STEP > 120 kg de DBO5/j	70% STEP de 120 à 600 kg de DBO5/j
		80% STEP > 600 kg de DBO5/j
DCO	125 mg/L > 120 kg de DBO5/j	60% STEP de 1,2 à 120 kg de DBO5/j
		75 % > 120 kg de DBO5/j
MES	35 mg/L > 120 kg de DBO5/j	50% STEP de 1,2 à 120 kg de DBO5/j
		90% STEP > 120 kg de DBO5/j

Les rejets doivent satisfaire à l'une ou l'autre des performances demandées (concentration ou rendement).

Si le rejet se fait dans une zone sensible à l'eutrophisation, les rejets doivent en outre respecter les moyennes annuelles suivantes :

	Concentration	Rendement minimal
NGL	15 mg/L STEP de 601 à 6000 kg DBO5/j	70 % STEP 600 kg de DBO5/j
	10 mg/L au-delà	
PT	2 mg/L STEP de 601 à 6000 kg DBO5/j	80 % STEP 600 kg de DBO5/j
	1 mg/L au-delà	

La filière des FPR est une bonne solution pour les petites et moyennes collectivités, pouvant atteindre sans problème les niveaux minimums de rejet des moins 10 000 EH (soit 600 kg DBO5 traités par jour). Lorsque le milieu l'exige, la filière peut répondre à des contraintes plus poussées pouvant aller jusqu'à 10 mg/L de NK, 15 mg/l de NGL et 1 mg/l de PT. Pour cela des adaptations de dimensionnement sont nécessaires.

L'ancien niveau D4 était, avant le 22 juin 2007, un niveau de rejet qui reprenait les valeurs du premier tableau ci-dessus (125, 25 et 35 en DCO, DBO5 et MES), ce qui implicitement signifiait une nitrification poussée (> 80%).

10 Remerciements

L'ensemble des rédacteurs tient à remercier l'Onema pour le financement de ce projet ainsi que le SIEAM pour sa contribution aux suivis.

Onema
Hall C – Le Nadar
5 square Félix Nadar
94300 Vincennes
01 45 14 36 00
www.onema.fr

Irstea
Parc de Tourvoie
BP 44,
92163 Antony cedex
01 40 96 61 21
www.irstea.fr