

Retours d'expériences sur les premiers suivis expérimentaux des FPR en Guyane

Suivi des performances de Bois d'Opale 1 et Bois d'Opale 2

Rapport final



Bois d'Opale 1, Guyane, mai 2012

Rémi LOMBARD LATUNE (Irstea)
Gérald LACOMBE (Etiage)
Pascal MOLLE (Irstea)

Février 2014

En partenariat avec





- **AUTEURS**

Rémi LOMBARD LATUNE, Ingénieur d'étude (Irstea), remi.lombard-latune@irstea.fr

Pascal MOLLE, Ingénieur de recherche (Irstea), pascal.molle@irstea.fr

Gérald LACOMBE, Ingénieur assainissement et gérant (ETIAGE), etiage.guyane@orange.fr

- **CORRESPONDANTS**

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

Irstea : **Pascal Molle**, Ingénieur de recherche (Irstea), pascal.molle@irstea.fr

- **AUTRES CONTRIBUTEURS**

Claire EME, Ingénieure d'études (Irstea), claire.eme@irstea.fr

Gérald LACOMBE, Ingénieur assainissement et gérant (ETIAGE), etiage.guyane@orange.fr

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : région Guyane

Niveau de lecture : Expert

- **RETOURS D'EXPERIENCES SUR LES PREMIERS SUIVIS EXPERIMENTAUX DES FPR EN GUYANE**

RESUME

Dans le cadre du développement et de l'adaptation de la filière de traitement des eaux usées domestiques par filtres plantés (FP) de macrophytes dans les DOMCOM, le suivi de deux stations FP en Guyane est engagé.

Les stations de Bois d'Opale 1 et Bois d'Opale 2, construites en 2010 et 2012 respectivement, traitent les effluents de deux lotissements privés. L'exploitation des stations est confiée au bureau d'études ETIAGE qui est également en charge des suivis expérimentaux.

Les deux stations sont identiques et sont deux filtres verticaux, traitant les eaux usées brutes (modèle français), sur un seul étage de traitement composé de 2 lits fonctionnant en alternance. Un aménagement permettant la recirculation des effluents traités en tête de station a été mis en place. Le dimensionnement nominal des stations est de 0,8 m²/EH.

Ce présent rapport a pour but de présenter le fonctionnement général de ces stations et les résultats des suivis, dans la perspective de la rédaction d'un guide de recommandations pour les FP en climat tropical. Entre 2012 et 2014, neuf bilans 24h ont été conduits par station montrant une sous-charge organique des stations (inférieure à 40% de la charge nominale). On constate une variation importante des charges hydrauliques lors des saisons de pluies (présence d'eaux claires parasites).

Les rendements et concentrations de sortie sont conformes aux exigences réglementaires.

- **MOTS CLES**

Assainissement, Petites et moyennes collectivités, Traitement des eaux usées domestiques, Filtre Planté de Macrophytes, Eaux usées brutes, DOM, Tropiques, Guyane.

- **EXPERIMENTAL SURVEY OF A FRENCH MODEL OF CONSTRUCTED WETLAND IN FRENCH GUIANA TO TREAT DOMESTIC WASTEWATER**

ABSTRACT

French Constructed Wetland (CW) with vertical flow has the particularity to treat raw domestic wastewater without primary treatment. Since almost 25 years, this process is studied to improve and adapt the design for French Mainland climate. More recently, the transfer of this technology to French overseas territories, mainly under tropical weather influence, requires design improvement and some technical adaptation.

As a consequence, full scale vertical flow CW are monitored and studied in these territories. This report aims at giving results from a research project in French Guiana.

In 2010 and 2012, two French models of CW were constructed to treat domestic effluents from two private housing estates: the first one, "Bois d'Opale 1" treats 300 Population Equivalent (PE) and the second, "Bois d'Opale 2", 480 PE. These two plants are made of a single stage of vertical flow CW divided into two filters. They are built by local alluvial gravels and initially planted by *Phragmites australis*, and *Arundo donax*. These two plant species were partly replaced by *Heliconia psittacorum* in August 2013. Recirculation of treated effluents on the filters is possible. The capacity design of each plant is based on 0.8 m²/PE.

During this study, nine measurement campaigns per plant were carried out. These campaigns consist in 24h flow composite sampling and subsequent analysis for global parameters (BOD₅, COD, TSS nitrogen and phosphorus forms). Results show that CW gets only 40 % of nominal organic loads with large variations of hydraulic loads especially during rainy seasons.

Results are in accordance with regulatory requirements.

- **KEY WORDS**

Sanitation, Municipal Wastewater Treatment, Constructed wetland, French model, Vertical flow, Small communities, French Overseas Department, Outermost Regions, French Guiana

- **SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE**

CONTEXTE GENERAL

La technique de filtres plantés de roseaux (FPR) est développée depuis plus de 25 ans sur le territoire métropolitain français. Les FPR sont actuellement le procédé de traitement des eaux usées domestiques considéré comme le plus adapté au contexte des petites collectivités. Ces dernières années, plus de 40 % des nouvelles constructions de Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU) sont des FPR en France métropolitaine.

Considérant que plus de 80 % du parc de stations en France sont des stations de moins de 2000 EH, les besoins en équipement sont importants. Cependant, le contexte des petites collectivités soulève des questions pratiques auxquelles le choix du procédé de traitement doit répondre : faible capacité de financement (investissement ET exploitation), faibles moyens humains, isolement,

De nombreuses études confortent la pertinence du choix des FPR pour les petites collectivités. Avec un traitement fiable pour une maintenance souple et une gestion facilitée des sous-produits (curage de la surface des filtres tous les 10 à 15 ans), cette technique reste une des plus concurrentielles sur le marché des procédés d'assainissement des petites stations (20 – 2000 EH).

Toutefois, la question de l'assainissement et du choix des techniques dans les DOMCOM est plus singulière, ces territoires étant éloignés et soumis à un climat très différent de celui de la métropole. Pourtant, les DOMCOM sont soumis aux mêmes exigences réglementaires (DERU, DCE, ...) que les autres départements français. Les réalités locales (développement rapide, faible disponibilités foncières, isolement, problèmes de corrosion, charge hydraulique importante, climat...) supposent d'adapter voire modifier les choix techniques traditionnellement opérés en métropole.

Une première étude s'est intéressée au contexte des petites collectivités dans les DOM (Eme et al., 2011) et a montré la nécessité d'adapter la filière FPR à ces contextes. Sur la base des 25 ans d'expérience en métropole, des expérimentations sont ainsi engagées dans les DOM avec comme objectif de diminuer l'emprise foncière de ces systèmes, le climat étant favorable à l'activité microbiennes. Il s'agit également d'utiliser des matériaux et des végétaux locaux.

Dans ce cadre, une action de recherche financée par l'Onema est conduite pour étudier les « Systèmes d'assainissement dans les DOMCOM ». Ce rapport s'inscrit dans cette action de recherche et présente plus spécifiquement les résultats des suivis expérimentaux conduits en Guyane sur le continent sud-américain.

METHODES

Dans le cadre de la construction de deux nouveaux lotissements privés, deux stations FPR ont été construites : Bois d'Opale 1 en 2010 et Bois d'Opale 2 en 2012, dimensionnées respectivement pour 300 et 480 EH, sur la base de 0,8 m²/EH. Ces deux stations sont composées d'un étage de traitement avec deux lits en parallèle recevant des effluents bruts.

L'exploitation des stations est confiée à un bureau d'étude local ETIAGE, également en charge des suivis expérimentaux. Neuf campagnes ont été conduites par station avec un suivi des performances par bilans 24h proportionnels aux débits. Lors des suivis, différents taux de recirculation (0% à 150%) des effluents traités sont appliqués sur chacune des stations. Les échantillons sont analysés à l'Institut Pasteur de Cayenne.

PRINCIPAUX ACQUIS TRANSFERABLES

Concentrations des effluents

Les concentrations des effluents bruts en entrée de station témoignent d'effluents considérés comme classiques pour le milieu rural (Mercoiret, 2010) en période sèche, et dilués, voire très dilués en saison des pluies, pour Bois d'Opale 1 (BO1) comme Bois d'Opale 2 (BO2).

Figure 1 : moyennes (écarts type) des concentrations en fonction des saisons à l'entrée des stations.

	BO1		BO2		Unités
	Sec	Pluie	Sec	Pluie	
DBO₅	230 (90,6)	41,3 (12,1)	218 (77,1)	93 (13,8)	mg/L
MES	261 (35,8)	106 (23)	164 (66,3)	99 (42,8)	mg/L
DCO	549 (172,7)	148 (35)	487 (118)	258 (47,8)	mg/L
DCO d.	170 (80,3)	43,3 (6,7)	203 (53,8)	137 (60,5)	mg/L
NTK (N)	61,9 (21,4)	12,4 (4,4)	54,6 (5,6)	27,1 (9,2)	mg/L
NH₄ (N)	44,4 (15,3)	8,1 (2,2)	38,7 (5,6)	21,4 (7,6)	mg/L
Pt (P)	13,3 (5)	2,5 (0,7)	12,2 (1,5)	5 (1)	mg/L
DCO/DBO₅	2,61 (0,12)	3,63 (0,37)	2,3 (0,28)	2,84 (0,79)	-
DCO_d/DCO	0,35 (0,07)	0,3 (0,04)	0,44 (0,17)	0,53 (0,19)	-
NH₄/NTK	0,71 (0,09)	0,67 (0,09)	0,71 (0,11)	0,8 (0,23)	-

Les concentrations en sortie de stations sont conformes aux exigences réglementaires demandées pour ces stations (minimum de l'arrêté de juin 2007). Un des 2 lits de BO1 étant partiellement colmaté par des arrivées accidentelles de latérite, cela provoque ponctuellement des relargages de MES pouvant conduire au non-respect de niveaux de rejet plus stricts (35 mg/L). Une présentation des différents niveaux de rejets et exigences réglementaires en vigueur est faite en annexe (voir p34).

Figure 2 : Concentrations en sortie de stations : effluents traités

	BO1	BO2	DERU	Unités
DBO₅	13,2	15	25	mg/L
MES	37	19,8	35	mg/L
DCO	80	69,9	125	mg/L
DCO dissout	44,4	46	-	mg/L
NTK (N)	20,5	12,3	-	mg/L
NH₄ (N)	16,6	11,6	-	mg/L
Pt (P)	3,2	5,9	-	mg/L

Suivi des débits

Le suivi des débits lors des campagnes de prélèvements met en évidence un effet saisonnier important entre la saison sèche (campagnes d'octobre à décembre) et la saison des pluies (campagnes de janvier à avril).

Cet effet se traduit par les variations des volumes journaliers en entrée de station. Malgré un réseau de collecte supposé étanche et séparatif, l'impact saisonnier est marqué.

En complément, un suivi hydraulique plus fin a été conduit en saison humide, de mars à avril 2013 sur les deux stations. Ce dernier permet d'identifier l'intrusion d'eaux claires parasites dans les deux stations. Ces intrusions affectent de façon importante les charges hydrauliques appliquées sur les filtres. En plus de l'intrusion d'eaux pluviales dans le réseau de collecte, le drainage d'eaux de nappe est également mis en évidence.

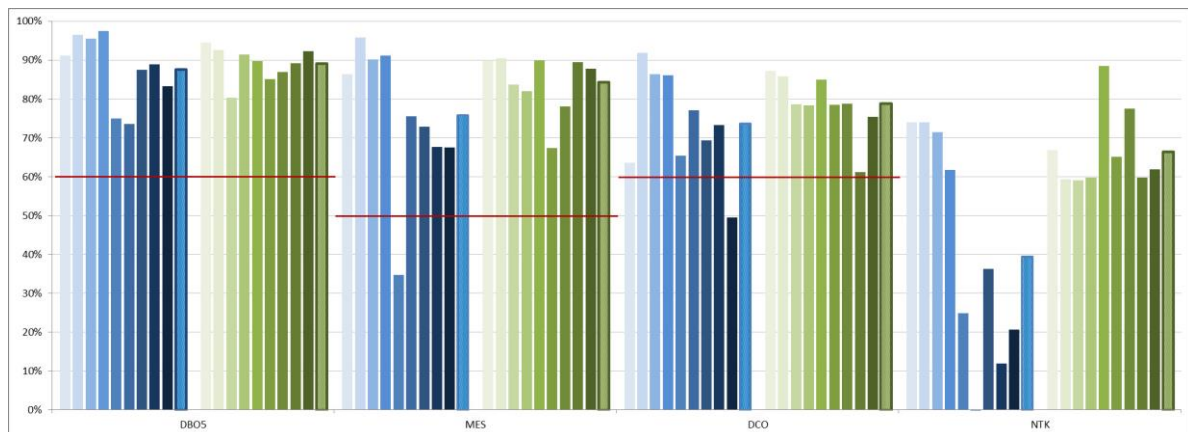
Figure 3 : données du suivi hydraulique de mars à avril 2013 en saison humide

	BO1			BO2			Unités
	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	
Débit journalier entrée STEU	22	66	153	17	40	76	m ³ /j
Débit journalier filtre (recirculation incluse)	72	182	409	63	85	119	m ³ /j
Charge hydraulique (filtre)	0,6	1,51	3,38	0,32	0,44	0,61	m/j
Taux de charge (filtre)	48	148	340	23	55	105	%

Suivi des performances

Les deux stations présentent globalement des rendements conformes aux exigences réglementaires, mais avec de faibles charges appliquées (stations en sous-charge).

Figure 4 : rendements épuratoires (%) pour les principaux paramètres des stations (entrée – sortie station) lors des campagnes de suivi.



En bleu sont représentés les performances de Bois d'Opale 1, et en vert celles de Bois d'Opale 2. Les dernières barres de chaque catégorie correspondent aux moyennes. En rouge sont matérialisées les normes de rejets.

Pour le suivi de 2012 (4 premières valeurs), BO1 présentait de meilleurs rendements que BO2 avec une charge hydraulique plus faible (effet saisonnier), ce qui peut s'expliquer par les différences d'âge (BO1 plus de 2 ans) entre les 2 stations.

A partir de 2013, la tendance s'inverse. L'arrivée importante de latérites sur les filtres de BO1 a amené l'exploitant à curer un des lits en surface durant l'été 2013. Pour BO1, les mauvaises performances sur les NTK et dans une moindre mesure pour les MES laissent penser que le filtre pourrait être colmaté en profondeur (voir figure 5). Ces apports de latérites soulignent l'importance pour la filière d'avoir des réseaux de collecte étanches et séparatifs.

Les rendements en DCO juste sous la limite réglementaire pour les dernières campagnes, s'expliquent par les très faibles concentrations des eaux brutes (effet de dilution en saison des pluies) ; les niveaux de rejet restent bas.

Figure 5 : colmatage du filtre 1 de BO1, les dépôts latéritiques sont visibles en surface, comme en profondeur, imperméabilisant le milieu.



Les stations sont globalement sous-chargées (figure 6), particulièrement en organique. La saison des pluies amène une surcharge hydraulique (débits multipliés par 4).

Figure 6 : taux de charges des filtres en fonctionnement (par rapport au nominal station), données intégrant la recirculation.

	BO1 (300 EH)		BO2 (480 EH)	
	Tx de charge sec (%)	Tx de charge pluie (%)	Tx de charge sec (%)	Tx de charge pluie (%)
Hydraulique (m/j)	78,7%	265,9%	88,8%	219,7%
DBO5 (g/m ² /j)	28,6%	26,7%	24,6%	31,1%
MES (g/m ² /j)	24,3%	45,7%	13,4%	19,7%
DCO (g/m ² /j)	38,2%	47,9%	29,8%	43,3%
NTK (g/m ² /j)	36,4%	31,4%	29,6%	37,4%

POUR EN SAVOIR PLUS

Suivis Guyane

Livrables Onema :

Eme, C., Molle, P., 2013 ; Retours d'expériences sur les premiers suivis expérimentaux des FPR en Guyane, suivi des performances de Bois d'Opale 1 et Bois d'Opale 2, rapport intermédiaire, Mai 2013.

Suivis DOM

Livrables Onema :

Eme, C., Molle P., 2011 ; Adaptation de la filière de traitement des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes au contexte tropical des DOM.

Eme, C. Esser D., Molle P., 2013, Suivis des stations expérimentales à Mayotte, adaptation des FPR dans les DOM.

Actes de conférence

Esser, D., Jusiak, P. and Liénard, A., 2006, The use of constructed wetlands for the treatment of effluents from housing schemes and villages in an island in the tropics: the case of Mayotte, 10th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Lisbonne, 23-29 septembre 2006, p. 8.

Esser, D., Riegel, C., Boura, S. and Lienard, A., 2010, The use of constructed wetlands for the treatment of effluents from housing schemes and villages in an island in the tropics: New results from Mayotte, 12th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, 04/10/2010 - 08/10/2010: Venise, ITA, p. 10.

Présentations

Pollutec : 2012 : Eme C., Molle P., Adaptation des FPR au contexte tropical des DOM

- **SOMMAIRE**

1. Introduction	11
2. Bois d'Opale 1 et 2 : présentation	11
2.1. Bois d'Opale 1.....	11
2.1.1. Caractéristiques générales	12
2.1.2. Caractéristiques techniques	13
2.1.3. Etat des filtres.....	13
2.2. Bois d'Opale 2.....	14
2.2.1. Caractéristiques générales	15
2.2.2. Caractéristiques techniques	16
2.2.3. Etat des filtres.....	16
3. Suivis expérimentaux	17
3.1. Matériel et méthodes	17
3.1.1. Suivi des performances	17
3.1.2. Suivi des débits	17
3.2. Détails des campagnes	18
4. Résultats	19
4.1. Concentrations	19
4.1.1. Caractérisation des effluents bruts.....	19
4.1.2. Concentration en sortie de station	20
4.2. Débitmétrie et charge hydraulique.....	21
4.2.1. Suivi des débits lors des campagnes	21
4.2.2. Suivi hydraulique long terme	23
4.3. Performances des filtres.....	24
4.3.1. Charges appliquées et rendements épuratoires.....	24
4.3.2. Taux de charge des filtres	26
4.4. Performances de la station.....	27
4.4.1. Charges appliquées et rendements épuratoires.....	27
4.4.2. Taux de charge de la station	Erreur ! Signet non défini.
5. Conclusion.....	28
6. Glossaire.....	30
7. Sigles & Abréviations	31
8. Bibliographie	32
9. Table des illustrations	33
10. Annexes	34
11. Remerciements	35

- **RETOURS D'EXPERIENCES SUR LES PREMIERS SUIVIS EXPERIMENTAUX DES STATIONS DE TRAITEMENT DES EAUX USEES DOMESTIQUES PAR FILTRE PLANTE DE MACROPHYTES EN GUYANE – BILAN DES PERFORMANCES DES STATIONS DE BOIS D'OPALE 1 ET BOIS D'OPALE 2**

1. Introduction

Face aux besoins de traitement des eaux usées domestiques et notamment au manque d'installations de traitement de petites tailles (- 2000 EH) dans les DOM, l'étude de l'adaptation de procédés d'épuration au contexte tropical est nécessaire. Pour répondre à cette problématique, l'Onema finance depuis 2008 une action de recherche coordonnée par Irstea pour l'étude et le suivi de stations expérimentales et pilotes pour le traitement des eaux usées dans les DOM.

La technique Filtre Planté de Roseaux (FPR), largement développée en métropole, est actuellement la filière installée préférentiellement dans les petites et moyennes collectivités (Molle *et al.*, 2004). Le transfert de ce procédé dans le contexte tropical des DOM nécessite certaines adaptations techniques, relatives aux matériaux, aux végétaux et au dimensionnement notamment (Eme *et al.*, 2011).

On dénombre moins d'une dizaine de stations FPR dans les DOM. Les premières ont été construites sur le territoire mahorais et ont bénéficiées de suivis expérimentaux depuis 2006 (Esser *et al.*, 2006; Esser *et al.*, 2010; Liénard, 2010). Sur le territoire guyanais, deux stations FPR Bois d'Opale 1 et Bois d'Opale 2 ont été construites en 2010 et 2012 respectivement, par le groupement ETIAGE – EPURE NATURE.

L'équipe Epure d'Irstea Lyon, par un partenariat avec ETIAGE, bureau d'étude guyanais en charge de l'exploitation des stations, a engagé 9 campagnes de suivis sur chacune des deux stations Bois d'Opale en 2012-2013. Les résultats sont présentés ci-après.

2. Bois d'Opale 1 et 2 : présentation

Les stations de traitement des eaux usées domestiques Bois d'Opale 1 et Bois d'Opale 2 sont deux stations privées appartenant à API (Amazonie Promotion Immobilière) construites pour traiter les effluents de deux lotissements. L'exploitation des stations est à la charge du bureau d'étude ETIAGE. Le suivi expérimental est organisé par Irstea et confié au bureau d'étude ETIAGE pour le suivi terrain et le traitement des données.

2.1. Bois d'Opale 1

La station de Bois d'Opale 1 est un filtre planté à écoulement vertical eaux usées brutes (modèle français) composé d'un seul étage à deux filtres alimentés en alternance avec possibilité de recirculer les effluents sur les filtres.



Figure 7 : Station de Bois d'Opale 1, vue générale en janvier 2013

2.1.1. Caractéristiques générales

Maître d'ouvrage : API (Amazonie Promotion Immobilière)
Prestation de service d'entretien et de suivi qualité : E.T.I.A.G.E Guyane

Capacité nominale : **300 EH**

Type de traitement :

Filtre planté à écoulement vertical (modèle français eaux usées brutes) à un étage de deux filtres avec possibilité de recirculation

Dimensionnement nominal : 0,8 m²/EH

Débit nominal journalier : 45 m³/j
Débit horaire moyen : 1,9 m³/h

Charge nominale organique :

DBO₅ : 18 kg/j (sur la base de 60 g de DBO₅/EH/j)
DCO : 36 kg/j (sur la base de 120 g de DCO/EH/j)
MES : 27 kg/j (sur la base de 90 g de MES/EH/j)

Niveau de rejet (Arrêté du 22 juin 2007) : sur échantillon non filtré

DBO₅ : 60% ou 35 mg/L
DCO : 60%
MES : 50%

Type de réseau : séparatif

Mise en service : Mai 2010

2.1.2. Caractéristiques techniques

Détails des filtres :

2 lits d'une surface unitaire de 121 m²
Alternance tous les 3 jours
Possibilité de recirculation

Composition du massif filtrant :

Couche de filtration 30 cm de graviers alluvionnaires 3/8 mm
Couche de drainage 30 cm de graviers alluvionnaires 15/25 mm

Etanchéité par géomembrane EPDM

Espèces végétales :

Filtre 1 : cannes de Provence (*Arundo donax*) faucardées en février 2011 et juillet 2012, puis *Heliconia psittacorum* plantées en août 2013.

Filtre 2 : roseaux (*Phragmites australis*) plantés en juillet/août 2012

Volume moyen de bâchée : 1,41 m³

Le constructeur a fait le choix initial de planter chacun des filtres d'une espèce végétale différente dans le but de comparer ces deux espèces en termes de développement mais aussi d'exploitation.

2.1.3. Etat des filtres

Arrivée de latérites

Depuis le démarrage de la station en mai 2010, des dépôts latéritiques sont observables en surface des filtres. Ces dépôts semblent être charriés par des eaux de ruissellement lors des travaux de construction du lotissement et limitent l'infiltration des effluents à travers le filtre.

Suite à un apport conséquent de latérites constaté en février 2011 sur le filtre 2, la surface du filtre 2 a été curée en juin 2012.

Pour les mêmes raisons, la surface du filtre 1 a été curée en août 2013. L'exploitant en a profité pour remplacer *Arundo donax*, jugée trop agressive et envahissante par *Heliconia psittacorum*, une plante ornementale rhizomateuse potentiellement intéressante sur les filtres.

Malgré la fin des travaux, les arrivées de latérites persistent, de façon plus marquée en saison des pluies, remettant sérieusement en cause l'étanchéité du réseau séparatif et/ou des regards. Les performances des filtres s'en ressentent, ce qui est préoccupant. Des analyses complémentaires sont en cours pour déterminer la profondeur jusqu'à laquelle la latérite a migré dans le filtre et le degré de colmatage des filtres. Les premières observations (voir figure 5 p8), laissent penser que la latérite migre en partie dans la profondeur du filtre. Elle peut donc se retrouver en sortie et impacter les niveaux de rejet des MES.

Boues

En surface du filtre 1, malgré le curage en août, une nouvelle couche (4-5 cm) d'humus et de dépôts latéritiques s'est formée en surface.

Le filtre 2 ne présente pas de signes de colmatage en surface, même si une couche de dépôts latéritiques de 1 cm est tout de même présente.



Figure 8 : filtre 1 de la station de Bois d'Opale 1, *Heliconia psittacorum*, flaquage conséquent suggérant un colmatage partiel du filtre.

Végétaux

Sur le filtre 1, *Heliconia psittacorum* s'adapte bien au milieu. Le développement n'est pas aussi rapide que pour les roseaux ou la canne de provence. La densité de plantation choisie était faible et de ce fait, une large partie du filtre est à nu.

Sur le second filtre, les roseaux ont semble-t-il du mal à s'implanter étant en concurrence avec de nombreuses adventices malgré l'entretien.

Lame d'eau

Le volume moyen des bâchées est de 1,41 m³, soit une lame d'eau de 1,2 cm. Généralement une lame d'eau comprise entre 2 et 5 cm est conseillée pour favoriser une bonne répartition des effluents sur le filtre. La présence de latérites en surface tend à colmater le filtre et ralentir les processus d'infiltration des effluents dans le massif filtrant.

2.2. Bois d'Opale 2

La station de Bois d'Opale 2 est un filtre planté à écoulement vertical eaux usées brutes (modèle français) composé d'un seul étage à deux filtres alimentés en alternance avec possibilité de recirculer les effluents.

La station de Bois d'Opale 2 est sensiblement identique à la station Bois d'Opale 1 dans la conception.



Figure 9 : Station de Bois d'Opale 2, vue générale en février 2013

© ETIAGE

2.2.1. Caractéristiques générales

Maître d'ouvrage : API (Amazonie Promotion Immobilière)

Prestation de service d'entretien et de suivi qualité : ET.I.A.G.E Guyane

Capacité nominale : **480 EH**

Type de traitement :

Filtre planté à écoulement vertical (modèle français eaux usées brutes) à un étage de deux filtres avec possibilité de recirculation

Dimensionnement nominal : 0,8 m²/EH

Débit nominal journalier : 72 m³/j

Débit horaire moyen : 3 m³/h

Charge nominale organique :

DBO₅ : 29 kg/j (sur la base de 60 g de DBO₅/EH/j)

DCO : 58 kg/j (sur la base de 120 g de DCO/EH/j)

MES : 43 kg/j (sur la base de 90 g de MES/EH/j)

Niveau de rejet (Arrêté du 22 juin 2007) : sur échantillon non filtré

DBO₅ : 60% ou 35 mg/L

DCO : 60%

MES : 50%

Type de réseau : séparatif

Mise en service : mars 2012

2.2.2. Caractéristiques techniques

Détails des filtres :

2 lits d'une surface unitaire de 196 m²
Alternance tous les 3 jours
Possibilité de recirculation

Composition du massif filtrant :

Couche de filtration 30 cm de graviers alluvionnaires 3/6 mm
Couche de drainage 20-35 cm de graviers alluvionnaires 15/25 mm

Etanchéité par géomembrane EPDM

Espèces végétales :

Roseaux (*Phragmites australis*) plantés en février 2012

Volume moyen de bâchée : 3,14 m³

2.2.3. Etat des filtres

Boues

Une couche de boues de 4 cm s'est développée autour des points d'alimentation avec la présence de fines latéritiques. Des lombrics ont colonisé la couche de boue ainsi que les premiers centimètres du filtre. Loin des points d'alimentation, on n'observe pas de boues en surface.

Végétaux

Les roseaux semblent avoir des problèmes de développement après 2 années sur le filtre. Leur densité diminue au profit de nombreuses adventices plus dynamiques. L'exploitant maintient les désherbages manuels et prévoit de changer d'espèce végétale.

Lame d'eau

Pour un volume moyen de bâchée de 3,14 m³, la lame d'eau correspondante est de 1,6 cm (préconisations de 2 à 5 cm). Un défaut dans la conception du poste de relevage empêche d'augmenter le volume des bâchées. En raison de cette faible lame d'eau, la répartition des effluents en surface du filtre lors de la bâchée n'est pas homogène. C'est sans doute la raison principale expliquant la faible colonisation des végétaux et le dépôt de boues limité seulement autour des points d'alimentation. L'exploitant va essayer de gagner quelques cm sur le niveau haut qui déclenche la bâchée.

Par ailleurs, malgré la présence de quelques fines latéritiques sur la couche de boues, l'infiltration est très bonne, puisque la lame d'eau s'étale peu.

3. Suivis expérimentaux

3.1. Matériel et méthodes

Les campagnes de suivi ont été conduites par l'équipe d'ETIAGE. Les suivis des stations Bois d'Opale 1 et 2 sont similaires.

3.1.1. Suivi des performances

Les bilans 24h engagés sur les stations intègrent deux points de prélèvements :

- **en entrée** : dans le poste de refoulement (eaux usées brutes + eaux usées recirculées) pour les campagnes de 2012. Pour celles de 2013, un système a été trouvé au niveau des dégrilleurs permettant de prélever uniquement les eaux brutes.
- **en sortie** : dans le canal débitmétrique (eaux usées traitées et recirculées)

Pour les suivis de 2012, la reconstitution de la qualité des **eaux usées brutes** est calculée à partir des charges mesurées en entrée de filtre (EU brutes et recirculation) à laquelle est soustraite la charge recirculée. Cette opération intègre le suivi des débits et des concentrations en entrée et sortie de filtre. En complément, est soustrait au volume d'entrée le volume « mort » dans la conduite de recirculation (retour de la mise en charge de la canalisation dans le poste d'alimentation).

Pour les suivis de 2013, c'est l'inverse : à partir des données des eaux brutes de sortie de la station, et à partir de l'estimation des volumes recirculés, la qualité des eaux appliquée sur les filtres est estimée.

Le matériel utilisé est le suivant :

- en entrée : préleveur automatique isotherme de 24 flacons HYDREKA
- en sortie : préleveur automatique isotherme de 24 flacons SIGMA

Les prélèvements sont effectués toutes les 6 minutes à raison de 10 par heure et par flacon. Les échantillons moyens sont reconstitués par rapport aux volumes horaires. Ils sont transportés en glacière avec pains de glace et stockés en réfrigérateur à 4°C avant livraison au laboratoire dans les 24h. Les analyses sont effectuées par le Laboratoire de l'Institut Pasteur de Cayenne (agrément ministériel).

Des analyses *in situ* (pH, redox, conductivité et température) sont réalisées en entrée et sortie à partir d'une sonde multi-paramètres Neotech ODEON.

3.1.2. Suivi des débits

Les volumes appliqués sur les filtres sont mesurés à partir du nombre de bâchées et du temps de fonctionnement des pompes du poste de refoulement (tarage préalable), corrélé à l'enregistrement des niveaux d'eau dans le poste au moyen d'un limnimètre Hydreka 1,5mCE/100mv.

Les volumes entrants sont calculés par soustraction des volumes recirculés (en intégrant les volumes « morts » dans la conduite de refoulement).

Les volumes sortants sont mesurés dans le canal débitmétrique à partir d'un débitmètre SIGMA 950 de type bulle à bulle.

3.2. Détails des campagnes

Lors de la campagne 2012, 4 bilans 24h ont été effectués sur chacune des stations, BO1 en période sèche et BO2 pendant la saison des pluies. En 2013, 5 bilans par station étaient prévus réparties sur les 2 saisons.

Tableau 2

Tableau 1 : Date des suivis de la station Bois d'Opale 1, en orange les campagnes réalisées en saison sèches, et en bleu celles de la saison des pluies.

Suivi 1	26 au 27 nov. 2012 à 16h	Filtre 2 en continu	1 ^{er} jour d'alimentation
Suivi 2	28 au 29 nov. 2012 à 9h	Filtre 1 (3h) puis 2 (21h)	1 ^{er} jour d'alimentation
Suivi 3	3 au 4 déc. 2012 à 15h	Filtre 1 (22h) puis 2 (2h)	3 ^{ème} jour d'alimentation
Suivi 4	5 au 6 déc. 2012 à 12h	Filtre 2 en continu	2 ^{ème} jour d'alimentation
Suivi 5	7 au 8 oct. 2013 à 13h	Filtre 1 en continu	1 ^{er} jour d'alimentation
Suivi 6	9 au 10 oct. 2013 à 15h	Filtre 1 en continu	3 ^{ème} jour d'alimentation
Suivi 7	6 au 7 janv. 2014 à 16h	Filtre 2 en continu	1 ^{er} jour d'alimentation
Suivi 8	8 au 9 janv. 2014 à 8h	Filtre 2 en continu	3 ^{ème} jour d'alimentation
Suivi 9	13 au 14 janv. 2014 à 16h	Filtre 2 en continu	1 ^{er} jour d'alimentation

Tableau 2 : Date des suivis de la station Bois d'Opale 2, en orange les campagnes réalisées en saison sèches, et en bleu celles de la saison des pluies.

Suivi 1	4 au 5 fév. 2013 à 16h	Filtre 2 en continu	1 ^{er} jour d'alimentation
Suivi 2	19 au 20 fév. 2013 à 16h	Filtre 1 en continu	2 ^{ème} jour d'alimentation
Suivi 3	27 au 28 fév. 2013 à 11h	Filtre 1 (18h) puis 2 (6h)	1 ^{er} jour d'alimentation
Suivi 4	4 au 5 mars 2013 à 16h	Filtre 2 en continu	1 ^{er} jour d'alimentation
Suivi 5	16 au 17 oct. 2013 à 13h	Filtre 1 en continu	2 ^{ème} jour d'alimentation
Suivi 6	5 au 6 nov. 2013 à 16h	Filtre 1 (8h) puis 2 (16h)	1 ^{er} jour d'alimentation
Suivi 7	7 au 8 nov. 2013 à 16h	Filtre 2 en continu	3 ^{ème} jour d'alimentation
Suivi 8	21 au 22 janv. 2014 à 16h	Filtre 2 en continu	1 ^{er} jour d'alimentation
Suivi 9	22 au 23 janv. 2014 à 16h	Filtre 2 en continu	2 ^{ème} jour d'alimentation

La période, au cours de laquelle est effectué le prélèvement, dans le cycle d'alimentation du filtre est importante. Dans les premières heures d'alimentation, le filtre subit un lessivage qui peut amener temporairement un pic de rejets (MES et nitrates principalement). De ce fait, bien souvent les résultats du suivi réalisé dans ces conditions sont moins bons que pour un autre jour du cycle. Les résultats moyens intègrent une proportion supérieure à 50 % de premiers jours d'alimentation, donc tendent à minimiser les rendements moyens de la filière.

4. Résultats

4.1. Concentrations

4.1.1. Caractérisation des effluents bruts

Les points de prélèvements ont été modifiés entre les campagnes de 2012 et de 2013. Pour les 4 campagnes de 2012, les effluents bruts sont estimés à partir des analyses des échantillons correspondant au mélange eaux brutes et recirculées (connaissant les 2 volumes et la concentration à la sortie de la station, il est aisé d'estimer la concentration de l'effluent brut). Pour 2013, il a été choisi d'échantillonner directement les eaux brutes. C'est par contre les concentrations à l'arrivée sur le filtre (eaux brutes et recirculées) qui sont estimées.

Les résultats restent comparables : les valeurs mesurées directement en 2013 restent dans l'intervalle défini par les valeurs extrêmes de 2012, ou très proche.

Avec 9 suivis 24h par stations, des tendances apparaissent :

Pour Bois d'Opale 1 (

Tableau 3) :

- Les effluents bruts sont classiques en comparaison aux EU brutes des petites collectivités de métropole (Mercoiret, 2010).
- Les volumes en entrée station étaient stables en 2012, entre 18,7 et 20 m³/j, et ont fortement augmenté durant le suivi de 2013. Le maître d'ouvrage indique que désormais tous les logements sont reliés à la station.
- La qualité des effluents bruts est très variable.
- L'impact de la saison des pluies est très important : le volume moyen quotidien que reçoit la station quadruple. Le taux de MES varie dans une moindre proportion et le rapport DCO/DBO₅ augmente de 2,6 à 3,6 indiquant un apport possible par lessivage des sols. Ces éléments semblent indiquer que le réseau, bien que séparatif n'est pas étanche.

Tableau 3 : Qualité de l'effluent brut en entrée de la station de Bois d'Opale 1

	Minimum	Moyenne	Maximum	Ecart type	Moyenne sec	Moyenne pluie
Volume m ³ /j)	18,7	56,5	145,5	49,3	24,9	119,7
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	30,0	166,9	462,0	146,2	229,7	41,3
MES (mg/L)	83,0	209,0	585,0	157,2	260,7	105,7
DCO (mgO ₂ /L)	109,0	415,6	1088,0	304,7	549,2	148,3
DCO d. (mgO ₂ /L)	36,0	127,6	234,0	73,1	169,7	43,3
NTK (N) (mg/L)	7,3	45,4	90,9	30,5	61,9	12,4
NH ₄ (N) (mg/L)	5,6	32,3	60,6	22,7	44,4	8,1
Pt (P) (mg/j)	1,7	9,7	23,4	7,5	13,3	2,5
DCO/DBO ₅	1,94	2,95	4,00	0,76	2,61	3,63
DCOd/DCO	0,20	0,33	0,51	0,09	0,35	0,30
NH ₄ /NTK (N)	0,60	0,70	0,86	0,08	0,71	0,67

Pour Bois d'Opale 2 (tableau 4) :

- Les effluents bruts sont classiques en comparaison aux EU brutes des petites collectivités de métropole (Mercoiret, 2010), bien que dilués en saison des pluies.
- Les volumes en entrée station sont très variables, avec de très fortes variations entre la saison sèche et la saison des pluies. Ils restent cependant inférieurs à ce que l'on observe sur BO1. Les infiltrations d'eaux parasites sont donc de moindre importance. L'exploitant constate également qu'il y a moins d'arrivées de latérites. Ces 2 éléments sont rassurants pour l'avenir de l'installation.
- La qualité des effluents bruts est moins variable que pour BO1 et les effluents bruts sont majoritairement dilués.

Tableau 4 : Qualité de l'effluent brut en entrée de la station de Bois d'Opale 2

	Minimum	Moyenne	Maximum	Ecart type	Moyenne sec	Moyenne pluie
Volume m ³ /j	24,2	58,1	136	39,2	30,2	80,5
DBO5 (mgO ₂ /j)	71	148	332	81,4	218	93
MES (mg/j)	49	128	252	61,1	164	99
DCO (mgO ₂ /j)	195	360	659	145	487	258
DCO d(mgO ₂ ² /j)	102	167	271	64,1	203	137
NTK (N) (mg/j)	15,2	39,3	62,8	16,3	54,6	27,1
NH ₄ (N) (mg/j)	8,7	29	44,5	11,1	38,7	21,4
Pt (P) (mg/j)	3,6	8,2	14,4	3,92	12,2	5,04
DCO/DBO ₅	1,98	2,6	4,07	0,65	2,3	2,84
DCOd/DCO	0,23	0,49	0,85	0,17	0,44	0,53
NH ₄ /NTK (N)	0,57	0,76	1,18	0,18	0,71	0,8

4.1.2. Concentration en sortie de station

Les concentrations des effluents en sortie de stations sont présentées dans les tableaux 5 et 6 ci-dessous.

Tableau 5 : Qualité de l'effluent en sortie de station Bois d'Opale 1

	Minimum	Moyenne	Maximum	Ecart Type	Moyenne sec	Moyenne pluie
Volume (m ³ /j)	15	53,5	145,5	51,1	20,5	119,7
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	5	13,2	33	9,4	17,2	5,3
MES (mg/L)	17	37	81	23,8	39,5	32
DCO (mgO ₂ /L)	47	80	126	26,9	94,8	50,3
DCO d.(mgO ₂ /L)	30	44,4	65	13,5	51,5	30,3
NTK (N) (mg/L)	5,8	20,5	39,3	10,3	26	9,5
NH ₄ (N) (mg/L)	5,4	16,6	25,2	7	20,8	8
Pt (P) (mg/L)	1,3	3,2	5,9	1,683	3,3	3,1
DCO/DBO ₅	3,24	7,66	10,71	2,99	6,72	9,5
DCOd/DCO	0,38	0,57	0,69	0,1	0,55	0,6
NH ₄ /NTK (N)	0,64	0,84	0,93	0,1	0,82	0,9
(DCO-DCOd)/MES	0,5	0,93	1,63	0,43	1,1	0,64

La qualité des effluents de sortie des deux stations est relativement stable et conforme aux exigences réglementaires (minimum de l'arrêté de juin 2007). Les très importantes variations saisonnières de volume en entrée de station, n'ont que peu d'impacts sur la qualité des rejets, soulignant la robustesse du système.

Dans l'hypothèse de viser des objectifs réglementaires plus stricts, l'ancien niveau D4 (25 mg/L en DBO₅, 125 mg/L en DCO et 35 mg/L en MES – voir annexe 2) est respecté, à l'exception des MES dans certaines campagnes depuis 2013 pour BO1.

Ce mauvais résultat s'explique par l'arrivée récurrente de latérite sur le filtre, entraînant un colmatage partiel et le fait que ce suivi a été réalisé un premier jour d'alimentation. La valeur du ratio DCO particulaire sur matières en suspension ((DCO-DCOd)/MES) donne des indications sur la nature des MES. Dans le cas de BO1, la moyenne par temps sec est de 1,1 et en saison humide de 0,64. Les MES que l'on retrouve en sortie de traitement sont donc bien essentiellement de nature minérale et très probablement latéritiques. Ces résultats sont également confortés par le fait que les ratios sont différents pour BO2.

Pour BO2 les niveaux de rejet sont similaires à BO1 dans l'ensemble avec de meilleurs résultats pour les MES et le NK. La meilleure nitrification et le moindre relargage de MES est à mettre en relation avec les moindres apports de latérite et donc, une meilleure aération du système. Dans ce cas, l'ancien niveau D4 est respecté.

Tableau 6 : Qualité de l'effluent en sortie de station Bois d'Opale 2

	Minimum	Moyenne	Maximum	Ecart Type	Moyenne sec	Moyenne pluie
Volume (m ³ /j)	16,5	55,9	135,9	41,4	24,6	80,9
DBO5 (mgO ₂ /L)	7	15	29	7,433	21,75	9,6
MES (mg/L)	6	19,8	36	10,8	26,8	14,2
DCO (mgO ₂ /L)	43	69,9	91	17,5	82,5	59,8
DCO d.(mgO ₂ /L)	30	46	61	10,7	49	43,6
NTK (N) (mg/L)	5,8	12,3	20,9	5,1	14,1	10,9
NH ₄ (N) (mg/L)	4,4	11,6	18,4	4,7	12,6	10,8
Pt (P) (mg/L)	4,5	5,9	7,8	1,3	7	5
DCO/DBO ₅	3,14	5,29	7,63	1,72	3,89	6,4
DCOd/DCO	0,49	0,68	0,95	0,16	0,6	0,74
NH ₄ /NTK (N)	0,87	0,95	0,99	0,19	0,9	0,99
(DCO-DCOd)/MES	0,24	1,45	1,6	0,55	1,31	1,55

4.2. Débitmétrie et charge hydraulique

4.2.1. Suivi des débits lors des campagnes

Les deux stations Bois d'Opale ont une boucle de recirculation, qu'il est possible de régler entre 0 et 155% de recirculation (à 100% de recirculation, la moitié des effluents traités est rejetée dans le milieu naturel et le reste est renvoyé en tête de station). La recirculation permet d'augmenter artificiellement la charge appliquée sur le filtre et ainsi de tester les limites hydrauliques du système.

Le suivi des débits est présenté dans les Tableaux 7 et 8. En reportant le volume journalier appliqué sur le filtre en fonctionnement (volume recirculé intégré), on obtient la charge hydraulique (recommandée à 0,37 m/j hors recirculation pour le dimensionnement métropole).

Tableau 7 : Suivi des débits de la station de Bois d'Opale 1

	Minimum	Moyenne	Maximum	Ecart Type	Moyenne Sec	Moyenne pluie
Débit entrée station (m ³ /j)	18,7	56,5	145,5	49,3	24,9	119,7
Débit entrée filtre (m ³ /j)	32,8	63,5	145,5	43,7	35,4	119,7
Charge hydraulique appliquée (m/j)	0,27	0,52	1,20	0,36	0,3	1
Taux de charge hydraulique du filtre par rapport aux 37cm/j (%)	72,9	141,1	323,3	97,0	78,7	265,9

En saison sèche, la charge hydraulique reçue par Bois d'Opale 1 est inférieure de 20% à la charge nominale d'un système classique sans recirculation. La lame d'eau quotidienne moyenne envoyée sur les filtres (recirculation comprise) est de 29 cm, ce qui correspond à une charge hydraulique moyenne. Sur les 6 premières campagnes, toutes réalisées en saison sèche, les variations assez importantes du débit d'entrée (du simple au double) sont lissées par le facteur de recirculation (100% lors des campagnes à faible débit et 0% lors de celles de 2013 où le débit était plus important).

Durant la saison des pluies, la charge hydraulique augmente très fortement. Les filtres reçoivent quotidiennement en moyenne une lame d'eau d'un mètre, soit un peu plus de 2,5 fois la charge nominale. Il sera donc particulièrement intéressant de suivre les performances épuratoires des filtres dans ces conditions, par ailleurs normales au vue des spécificités climatiques des DOM. On notera néanmoins, malgré les problèmes de colmatage liés à la latérite, que les charges hydrauliques fortes et constantes en période de pluie ne posent pas de problème physique à la station.

Tableau 8 : Suivi des débits de la station de Bois d'Opale 2

	Minimum	Moyenne	Maximum	Ecart Type	Moyenne Sec	Moyenne pluie
Débit entrée station (m ³ /j)	24,2	58,1	135,9	39,2	30,2	52,1
Débit entrée filtre (m ³ /j)	44,5	116,3	283,4	78,2	63,9	100,6
Charge hydraulique appliquée (m/j)	0,23	0,59	1,45	0,40	0,33	0,51
Taux de charge hydraulique du filtre par rapport aux 37cm/j (%)	61,8	161,5	393,6	108,6	88,8	139,7

En revanche, pour Bois d'Opale 2, la lame d'eau moyenne envoyée sur les filtres est de 41 cm, soit légèrement supérieure à la charge nominale classique de temps sec. En saison sèche, la lame d'eau envoyée sur le filtre est comparable aux valeurs relevées à BO1. L'impact saisonnier est très marqué, la charge hydraulique en saison des pluies étant de l'ordre de 150% de la charge classique par temps sec.

La différence de charge avec BO1 en saison des pluies s'explique sans doute par une meilleure qualité du réseau, avec moins d'infiltration d'eaux parasites.

4.2.2. Suivi hydraulique long terme

Parallèlement aux campagnes 24h, un suivi hydraulique a été mis en place sur les deux stations pour une période prolongée. Ce dernier permet de mettre en lumière l'intrusion d'eaux pluviales dans le réseau de collecte des deux stations.

Tableau 9 : Suivi hydraulique de Bois d'Opale 1 en saison humide du 13 mars au 12 avril

	Minimum	Moyenne	Maximum	Ecart Type
Débit entrée station (m³/j)	31	70	153	30
Débit entrée filtre (m³/j)	92	185	376	80
Charge hydraulique appliquée au filtre (m/j)	0,47	0,95	1,92	0,41
Taux de charge hydraulique du filtre par rapport aux 37cm/j (%)	205	412	836	91

De mars à avril 2013 au cœur de la saison humide, Bois d'Opale 1 est soumise à des variations de charges hydrauliques très importantes avec une charge hydraulique maximale de 1,92 m/j (

Tableau 9). Sur l'ensemble de la période, la charge appliquée est toujours supérieure au double de la charge nominale. En moyenne, elle est multipliée par un facteur 4 et une lame d'eau 8 fois supérieure à la charge nominale classique de temps sec a même été enregistrée.

Ces surcharges hydrauliques sont associées aux précipitations et à l'intrusion d'eaux pluviales dans le réseau de collecte. On peut également suspecter des problèmes d'étanchéité de réseau favorisant le drainage de la nappe lors de sa remontée en saison de pluies. Les volumes journaliers en entrée de station sont relativement plus importants en saison humide même sans précipitations, qu'en saison sèche.

Le suivi des paramètres de conductivité électrique et redox lors de l'épisode pluvial le plus important (graphique en Annexe) montre une chute de l'oxygénation du massif filtrant en réponse aux surcharges hydrauliques. Le changement de filtre permet une remontée du potentiel redox à l'état initial. On peut se demander si ce résultat n'est pas à nuancer : en effet, les 2 lits de BO1 n'ont pas le même niveau de colmatage. Dans la mesure où le potentiel redox du second lit n'indique pas de chute de l'oxygénation alors que la charge hydraulique reste conséquente, la baisse du niveau d'oxygène dans le massif pourrait être due au colmatage du lit plutôt qu'à la surcharge hydraulique. En effet, en métropole, ce phénomène n'a pas été observé, même pendant des épisodes pluvieux d'importance comparable.

Il n'y a pas de différences notables entre les résultats présentés ici et ceux issus des campagnes en saison des pluies du suivi 24h (tableau 8). Cela rend d'autant plus préoccupants les résultats de BO1 (tableau 9).

Tableau 10 : Suivi hydraulique de Bois d'Opale 2 en saison humide du 4 mars au 12 avril

	Minimum	Moyenne	Maximum	Ecart Type
Débit entrée station (m³/j)	20,3	38,9	76	13,2
Débit entrée filtre (m³/j)	56,7	81,4	118,3	13,6
Charge hydraulique appliquée au filtre (m/j)	0,29	0,42	0,60	0,07
Taux de charge hydraulique du filtre par rapport aux 37cm/j (%)	79	113	164	19

4.3. Performances des filtres

La mise en place de la recirculation amène à distinguer les charges appliquées et les rendements associés selon que l'on se place à l'échelle du filtre ou de la station dans sa globalité.

L'étude des charges au niveau du filtre prend en compte les charges appliquées sur le filtre (recirculation incluse) et permet ainsi d'explorer les limites fonctionnelles du filtre et de renseigner sur ses caractéristiques propres.

Les volumes mobilisés n'étant pas les mêmes, les rendements sont différents pour le filtre et pour la station. Les rendements de la station incluent l'effet dilution réalisé par la recirculation. Les rendements épuratoires sont calculés en supposant une conservation des débits tout au long des ouvrages. Cela n'étant pas systématiquement vrai (pertes par évapotranspiration, stockage, destockage), cette hypothèse a été réalisée par simplification et donc minimise les rendements par rapport à des pertes potentielles par évapotranspiration.

4.3.1. Charges appliquées et rendements épuratoires

Sur BO1, les charges appliquées sur le filtre en fonctionnement sont très variables. Les rendements associés sont importants, relativement stables pour les paramètres de DBO₅ et DCO (

Tableau 11). Les rendements sont plus variables pour les MES et surtout pour NTK, avec des valeurs minimales très faibles. Les suivis de 2013 ont révélé un colmatage partiel du filtre, se traduisant pas des relargages temporairement significatifs de MES, mais surtout un effondrement de la nitrification.

En saison des pluies, malgré une charge hydraulique en moyenne supérieure à 2,5 fois la charge nominale, les rendements épuratoires restent dans l'ensemble au même niveau de performance. La légère diminution de 5% des rendements en DCO et NK, tendance que l'on retrouve également sur BO2, suggère qu'une surcharge hydraulique à travers une dilution des eaux brutes ou une diminution du temps de séjour, impacterait tout de même la filière, mais de manière minime.

Tableau 11 : Charges et rendements de la station Bois d'Opale 1, à l'échelle du filtre

	<u>Charge appliquée (filtre)</u>				<u>Rendements (filtre)</u>			
	Moyenne	Ecart Type	Moyenne sec	Moyenne pluie	Moyenne	Ecart Type	Moyenne sec	Moyenne pluie
Hydraulique (m/j)	0,52	0,36	0,29	0,99				
DBO₅ (mg/m²/j)	41,6	15,6	42,5	39,7	86,2%	7,7%	86%	86,6%
MES (mg/m²/j)	70,1	36,6	54,1	101,9	73,1%	16,5%	75%	69,3%
DCO (mg/m²/j)	123,3	40,1	113,6	142,6	69,7%	12,1%	72,5%	64,1%
NTK (N) (mg/m²/j)	12,9	2,7	13,5	11,7	33,8%	27,2%	39,2%	22,9%

Figure 10 : Comparaison des charges reçues et traitées en MES à l'échelle d'un filtre

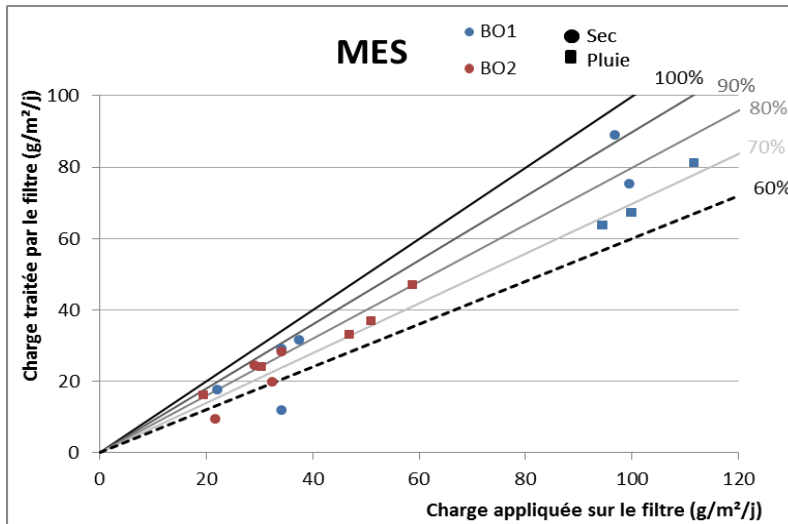


Figure 11 : Comparaison des charges reçues et traitées en DCO à l'échelle d'un filtre

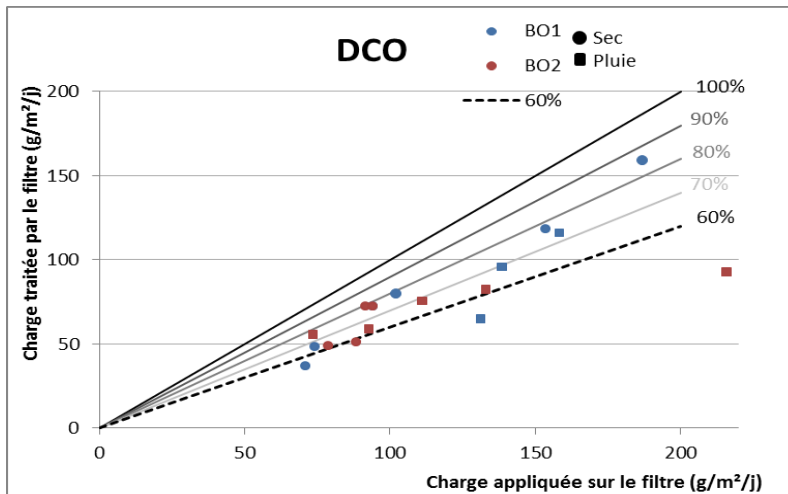
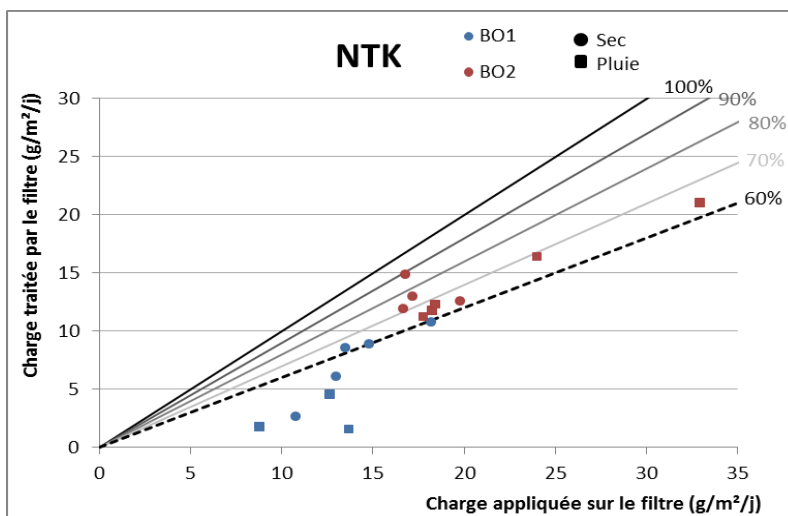


Figure 12 : Comparaison des charges reçues et traitées en NTK à l'échelle d'un filtre



La station Bois d'Opale 2 fonctionne bien. Les rendements sont comparables à ceux de BO1, à l'exception de ceux relatifs au paramètre NK pour lequel ils sont bien supérieurs : le filtre n'étant pas colmaté, l'oxygénation normale du massif permet une bonne nitrification (70%). En saison des pluies, on constate comme sur BO1 une légère baisse de 5% des performances sur DCO et NK.

Tableau 12 : Charges et rendements du filtre, sur Bois d'Opale 2, filtre en fonctionnement

	<u>Charge appliquée (filtre)</u>				<u>Rendements (filtre)</u>			
	Moyenne	Ecart Type	Moyenne sec	Moyenne Pluie	Moyenne	Ecart Type	Moyenne Sec	Moyenne Pluie
Hydraulique (m/j)	0,59	0,40	0,33	0,81				
DBO5 (mg/m²/j)	39,9	17,6	36,3	42,7	80,1%	8,8%	79,2%	80,9%
MES (mg/m²/j)	36,0	13,3	29,4	41,3	76,7%	7,4%	76,1%	77,2%
DCO (mg/m²/j)	108,8	43,8	88,2	125,2	65,3%	11,3%	68,9%	62,5%
NTK (N) (mg/m²/j)	20,2	5,3	18,3	22,3	50,8%	13,4%	59,3%	44,1%

Les bons résultats de BO2 et dans une moindre mesure de BO1 sont cependant à relativiser. A l'heure actuelle, les stations sont encore sous chargées recevant à peine 40% de leur charge organique nominale.

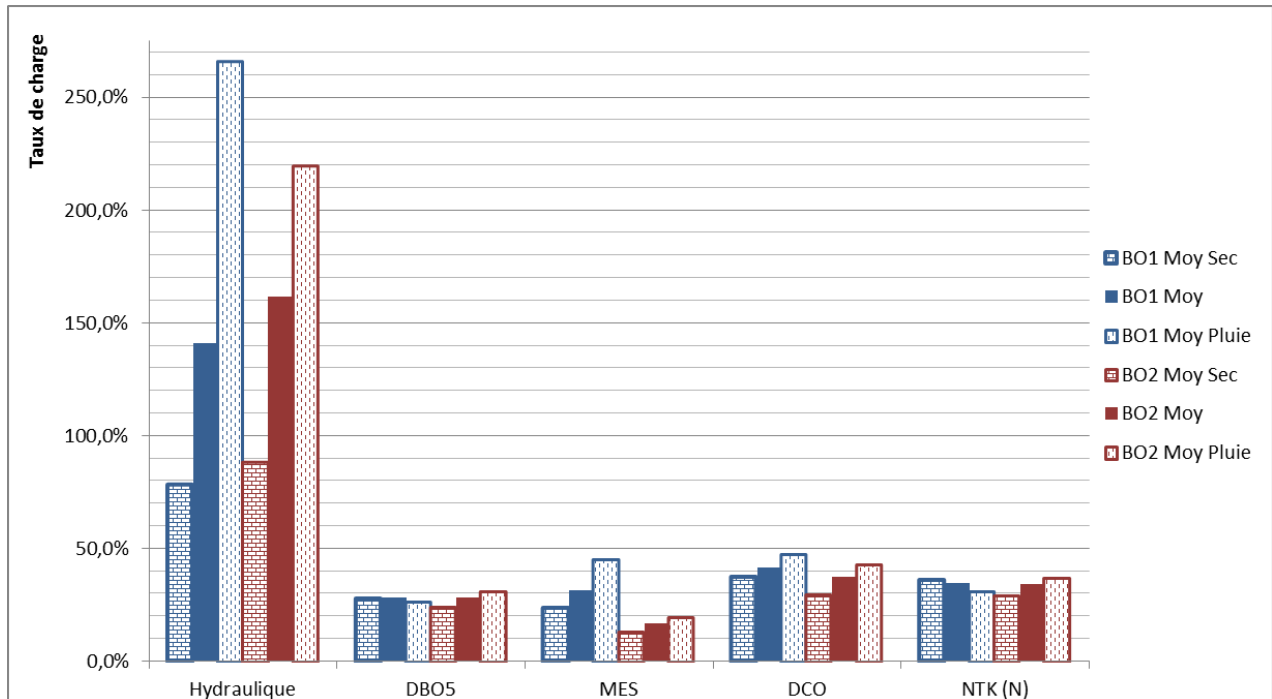
D'une manière générale, lorsque les filtres sont en état normal (pas de colmatage de latérite), les performances épuratoires sont plutôt meilleures que sur une station similaire en métropole. La stabilité des performances, même si elle est vérifiée en métropole pour les paramètres DCO, MES et DBO, mérite d'être confirmée en climat tropical pour des charges plus importantes. Il serait notamment intéressant de définir à partir de quel niveau de charge la nitrification décroche dans les conditions climatiques tropicales. La Figure 11 montre tout de même que, pour des charges de 25 gNK/m²/j (charge de dimensionnement d'un premier étage en métropole), les rendements sont supérieurs de 5 à 10 points par rapport aux performances mesurées en métropole sur ce même type de filtre mais avec une épaisseur de couche filtrante bien supérieure (60cm au lieu de 30cm sur les stations de bois d'opale).

4.3.2. Taux de charge des filtres

Les taux de charges hydrauliques des filtres sont importants pour les 2 stations : en saison sèche les filtres de BO1 reçoivent 80% de la charge de référence (37 cm/j) et ceux de BO2 près de 90%. En saison des pluies, les volumes sont beaucoup plus importants et les filtres reçoivent plus de 200% de la charge de référence.

En revanche, les taux de charge organiques sont globalement faibles, inférieurs à 40% (Figure 13). On constate une différence entre Bois d'Opale 1 dont le filtre est globalement plus chargé en organique que le filtre de Bois d'Opale 2. Là encore, à la saison des pluies, les charges augmentent, mais pas dans les mêmes mesures (40 à 50% du nominal).

Figure 13 : Taux de charge des filtres



4.4. Performances de la station

L'étude des charges appliquées à la station permet un retour sur le procédé et sa capacité épuratoire face aux objectifs réglementaires.

4.4.1. Charges appliquées et rendements épuratoires

Les charges appliquées à l'échelle de la station sont calculées à partir des données des eaux usées brutes en entrée de STEU.

Globalement, les stations sont très faiblement chargées, avec une charge hydraulique proche de la moitié de la charge nominale et des charges organiques de l'ordre de 30 - 40% du nominal pour BO1 et 20% pour BO2.

BO1 reçoit tout de même une charge supérieure à BO2, en organique comme en hydraulique.

Les rendements épuratoires sont calculés en supposant une conservation des débits à travers la station. Les exigences réglementaires considèrent l'abattement des polluants entre les eaux brutes à l'entrée de la STEU et les eaux traitées en sortie.

Pour BO1, les rendements sont bons, de l'ordre de 75% -toujours à l'exception des NK- et conformes aux normes de rejets (60% en DBO₅ et DCO et 50% en MES) (

Tableau 13). Les écarts entre les saisons sèches et humides sont plus marqués, ce qui est également le cas pour BO2.

Tableau 13 : Charges et rendements de la station Bois d'Opale 1

	Charge appliquée (STEU)				Rendements (STEU)			
	Moyenne	Ecart Type	Moyenne sec	Moyenne pluie	Moyenne	Ecart Type	Moyenne sec	Moyenne pluie
Hydraulique (m/j)	0,47	0,41	0,21	0,99				
DBO5 (mg/m ² /j)	40,8	15,1	41,4	39,7	87,7%	8,9%	88,2%	86,6%
MES (mg/m ² /j)	68,8	37,2	52,2	102	75,7%	18,7%	78,9%	69,3%
DCO (mg/m ² /j)	117,6	42,1	105,1	142,6	73,6%	13,4%	78,4%	64,1%
NTK (N) (mg/m ² /j)	11,5	1,8	8,8	11,7	39,5%	32,9%	47,8%	22,9%

Tableau 14 : Charges et rendements de la station Bois d'Opale 2

	Charge appliquée (STEU)				Rendements (STEU)			
	Moyenne	Ecart Type	Moyenne Sec	Moyenne Pluie	Moyenne	Ecart Type	Moyenne Sec	Moyenne Pluie
Hydraulique (m/j)	0,30	0,20	0,15	0,41				
DBO5 (mg/m ² /j)	35,9	16,3	32,3	38,7	89,1%	4,4%	89,1%	89,2%
MES (mg/m ² /j)	31,0	12,3	24,4	36,2	84,3%	7,6%	81,2%	86,7%
DCO (mg/m ² /j)	87,4	28,5	73,4	98,6	78,8%	7,8%	82,4%	75,9%
NTK (N) (mg/m ² /j)	9,1	2,1	8,3	9,8	66,4%	10,2%	74,5%	60,4%

Pour BO2, les rendements sont supérieurs à BO1 et remarquablement stables alors que les charges appliquées sont plus variables. Les exigences réglementaires sont largement respectées. La différence entre saison des pluies et saison sèche est très marquée, pour le rendement de la DCO et des NK. La baisse du temps de séjour dans l'ouvrage du fait de la surcharge hydraulique, ainsi que l'effet dilution (voire une éventuelle diminution de l'oxygène disponible dans le massif comme le montre le suivi redox présenté en annexe 1 sont les principales explications envisagées.

A l'échelle de la station, la recirculation n'est plus prise en compte ce qui diminue les charges, particulièrement hydrauliques.

Cependant, les remarques faites sur les rendements à l'échelle des filtres restent vrai (point 4.3.1).

5. Conclusion

Les suivis sur les stations de Bois d'Opale nous apportent plusieurs enseignements.

Tout d'abord, il y a un effet saisonnier très marqué entre la période sèche et la saison des pluies : les volumes sont multipliés par un facteur 3 à 5 et la charge hydraulique moyenne correspond à 150% du nominal.

De ce fait, la qualité des réseaux doit faire l'objet d'attentions encore plus poussées qu'en métropole. D'une part, parce qu'en cas d'infiltration d'eaux pluviales dans le réseau lors de la saison humide, les volumes amenés en tête de station peuvent devenir très importants, mais surtout à cause de l'apport de latérites provoquant rapidement le colmatage des filtres, et qui sont présentes dans l'ensemble des DOM.

Enfin, les filtres peuvent supporter au moins 8 fois la charge hydraulique nominale sans subir de dégâts, ce qui confirme bien la robustesse du système et son adéquation avec une des contraintes forte du climat tropical.

Malgré ces fortes charges en saison des pluies, les rendements épuratoires sont bons et satisfont aux normes de rejets. Si une attention particulière est apportée pour éviter de faire entrer de la latérite sur les filtres, les stations pourraient souscrire à des niveaux de rejets plus ambitieux, comme ceux imposés aux stations de tailles plus grosses rejetant en milieu sensible (25 mg/L DBO₅, 125 mg/L DCO, 35 mg/L MES, et 15 mg/L NGL).

Pour BO2 qui ne présente pas de colmatage, les limites des filtres n'ont pas pu être mises en évidence. Pour BO1 en revanche, il arrive ponctuellement que les concentrations en MES à la sortie de la station ne respectent pas la norme. Cela est vraisemblablement dû à un relargage de latérite.

Les charges moyennes actuelles appliquées au filtre en fonctionnement ne permettent pas de valider le dimensionnement initial. Actuellement, avec l'artefact de la recirculation, les dimensionnements équivalents testés sont de l'ordre d'1,5 m²/EH pour Bois d'Opale 1 et de 1,9 m²/EH pour Bois d'Opale 2 (sur le paramètre DBO₅). On est donc assez loin de l'hypothèse de départ de 0,8 m²/EH.

Cette étude permet de confirmer la robustesse physique du procédé filtre planté face aux variations de charge hydraulique. De même, les performances du filtre, lorsqu'il n'est pas colmaté par la latérite, montrent des niveaux supérieurs à ceux observés en métropole sur un dimensionnement similaire. Un suivi complémentaire en travaillant sur des demi-lits pourrait permettre d'augmenter les charges appliquées, et éventuellement de valider un dimensionnement plus compact.

6. Glossaire

Bâchée : volume déversé séquentiellement lors d'une période d'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/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 DBO₅ ou de la DCO.

Equivalent Habitant : défini par la Directive Européenne Eaux Résiduaires Urbaine comme une charge journalière correspondant à 60 g de DBO₅.

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

Fines : particules dont le diamètre est inférieur à 80 µm.

Latérite : terme désignant divers types de sols tropicaux rouges ferrugineux et durcis.

7. Sigles & Abréviations

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

CH : Charge Hydraulique exprimée en m/j

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

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

DERU : Directive Européenne sur les Eaux Résiduaires Urbaines

DOM : Département d'Outre-Mer

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

EC : Ecart Type

EH : Equivalent-Habitant

EU : Eaux Usées

EUT : Eaux Usées Traitées

FP : Filtre Planté

FPR : Filtre Planté de Roseaux

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

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

N-NH₄ : Azote Ammoniacal, 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

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

STEU : Station de Traitement des Eaux Usées

8. Bibliographie

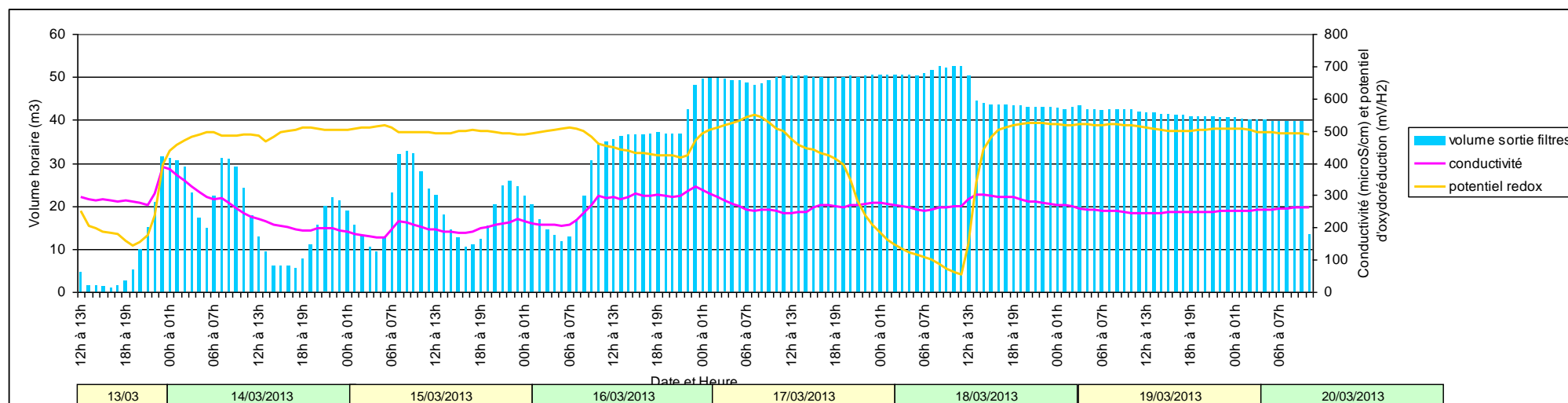
- Eme, C., Molle P., 2011, Adaptation de la filière filtre planté au contexte tropical Irstea, Onema, p. 74.
- Eme, C., Molle P., 2013 ; Retours d'expériences sur les premiers suivis expérimentaux des FPR en Guyane, suivi des performances de Bois d'Opale 1 et Bois d'Opale 2, rapport intermédiaire, Onema, p.32.
- Esser, D., Jusiak, P. and Liénard, A., 2006, The use of constructed wetlands for the treatment of effluents from housing schemes and villages in an island in the tropics: the case of Mayotte, 10th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Lisbonne, 23-29 septembre 2006, p. 8.
- Esser, D., Riegel, C., Boura, S. and Lienard, A., 2010, The use of constructed wetlands for the treatment of effluents from housing schemes and villages in an island in the tropics: New results from Mayotte, 12th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, 04/10/2010 - 08/10/2010: Venise, ITA, p. 10.
- Liénard, A., 2010, Suivi expérimental des filtres plantées de Hachenoua et de Totorossa Mayotte 2006-2010, SIEAM, Cemagref, SINT.
- Mercoiret, L., 2010, Qualité des eaux usées domestiques produites par les petites collectivités, *in* Onema, ed., Irstea, p. 55.
- Molle, P., Lienard, A., Boutin, C., Merlin, G. and Iwema, A., 2004, Traitement des eaux usées domestiques par marais artificiels : état de l'art et performances des filtres plantés de roseaux en France: Ingénieries - E A T, p. 23-32.

9. Table des illustrations

Figure 1 : moyennes (écarts type) des concentrations en fonction des saisons à l'entrée des stations.	6
Figure 2 : Concentrations en sortie de stations : effluents traités	6
Figure 3 : données du suivi hydraulique de mars à avril 2013 en saison humide	7
Figure 4 : rendements épuratoires (%) pour les principaux paramètres des stations (entrée – sortie station) lors des campagnes de suivi.	7
Figure 5 : colmatage du filtre 1 de BO1, les dépôts latéritiques sont visibles en surface,	8
Figure 6 : taux de charges des filtres en fonctionnement (par rapport au nominal station), données intégrant la recirculation.	8
Figure 7 : Station de Bois d'Opale 1, vue générale en janvier 2013	12
Figure 8 : filtre 1 de la station de Bois d'Opale 1, Heliconia psittacorum, flaquage conséquent suggérant un colmatage partiel du filtre.	14
Figure 9 : Station de Bois d'Opale 2, vue générale en février 2013.....	15
Figure 10 : Comparaison des charges reçues et traitées en MES à l'échelle d'un filtre.....	25
Figure 11 : Comparaison des charges reçues et traitées en DCO à l'échelle d'un filtre	25
Figure 12 : Comparaison des charges reçues et traitées en NTK à l'échelle d'un filtre	25
Figure 13 : Taux de charge des filtres.....	27
Tableau 1 : Date des suivis de la station Bois d'Opale 1	18
Tableau 2 : Date des suivis de la station Bois d'Opale 2	18
Tableau 3 : Qualité de l'effluent brut en entrée de la station de Bois d'Opale 1	19
Tableau 4 : Qualité de l'effluent brut en entrée de la station de Bois d'Opale 2	20
Tableau 5 : Qualité de l'effluent en sortie de station Bois d'Opale 1.....	20
Tableau 6 : Qualité de l'effluent en sortie de station Bois d'Opale 2.....	21
Tableau 7 : Suivi des débits de la station de Bois d'Opale 1	22
Tableau 8 : Suivi des débits de la station de Bois d'Opale 2	22
Tableau 9 : Suivi hydraulique de Bois d'Opale 1 en saison humide du 13 mars au 12 avril	23
Tableau 10 : Suivi hydraulique de Bois d'Opale 2 en saison humide du 4 mars au 12 avril	23
Tableau 11 : Charges et rendements de la station Bois d'Opale 1, à l'échelle du filtre.....	24
Tableau 12 : Charges et rendements de la station Bois d'Opale 2, filtre en fonctionnement	26
Tableau 13 : Charges et rendements de la station Bois d'Opale 1	28
Tableau 14 : Charges et rendements de la station Bois d'Opale 2.....	28

10. Annexe :

Annexe 1 : Suivi hydraulique et paramètres in situ de Bois d'Opale 1 en saison humide



Annexe 2 : 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%).

11. Remerciements

L'ensemble des rédacteurs tient à remercier l'Onema pour le financement de ce projet ainsi que ETIAGE 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
5 rue de la Doua
CS 70077
69626 Villeurbanne
04 72 20 87 87
www.irstea.fr