

Traitement des matières de vidange par lits de séchage plantés de roseaux et valorisation des percolats en bois énergie : une approche écologique

■ T. BEL¹, S. TROESCH², B. KIM³, B. MOLLE⁴, J.Y. FRAYSSE⁵, N. EISNER⁵, P. BOURDONCLE⁶, J. DI MARE⁷, P. MOLLE³

Mots-clés : lits de séchage plantés de roseaux, matières de vidange, percolats, irrigation, bois énergie

Keywords: sludge treatment reed bed, septage, leachate, irrigation, wood-energy

Introduction

Face à l'augmentation du flux de matières de vidange induit par l'action des services publics d'assainissement non collectifs (Spanc) et en raison de la capacité des stations d'épuration à proximité, souvent limitée ou même inexistante, il est dans l'intérêt des collectivités de traiter et de valoriser ces boues le plus près possible des sites de collecte. C'est dans ce contexte que les procédés rustiques et simples d'exploitation comme les lits de séchage plantés de roseaux (LSPR) peuvent apporter une solution alternative et durable au traitement et à la gestion de ce sous-produit.

En effet, les LSPR développés en France depuis le début des années 1990 [LIÉNARD *et al.*, 1990] pour le traitement des boues activées ont fait l'objet d'adaptations récentes pour les matières de vidanges [MOLLE *et al.*, 2013]. Solution écologique et délocalisée de traitement des boues, les LSPR permettent une déshydratation et une minéralisation poussées des boues à faible coût énergétique. Cela a orienté et

motivé le choix du Syndicat départemental des déchets du Tarn-et-Garonne dans l'investissement d'une telle infrastructure à Nègrepelisse, mise en service en novembre 2013.

Au-delà de l'aspect traitement, il a été mis en place une filière de valorisation de l'effluent par l'irrigation d'une parcelle d'arbres à croissance rapide en vue d'une valorisation énergétique. Les performances de cette filière ont fait l'objet d'une évaluation, dans le cadre d'un programme cofinancé par l'agence de l'eau Adour-Garonne et les partenaires du projet, tant du point de vue du traitement des matières de vidange que de la production de bois, de l'efficacité et de la pérennité du système de distribution au sein de la parcelle et de son impact potentiel sur le milieu récepteur.

1. Matériels et méthodes

1.1. Le site de traitement

1.1.1. Installation

Cette installation, d'une capacité de traitement équivalente à celle d'un parc de 3 500 fosses vidangées par an, peut recevoir jusqu'à 131 t de matières en suspension (MES) par an.

La filière est composée :

- d'un piège à cailloux avec dégrilleur automatique (entrefer de 10 mm) ;
- d'une fosse de dépotage (20 m³) ;
- d'un bassin tampon aéré (capacité de 180 m³) ;
- de huit lits de séchage plantés de roseaux (LSPR) (8 × 325 m²) ;

¹ Communauté de communes Terrasses et Vallée de l'Aveyron (CCTVA) – 370, avenue du 8-Mai 1945 – 82800 Nègrepelisse.

² Epur Nature – 12, rue Toussaint-Flechaire – 84510 Caumont-sur-Durance.

³ Irstea – Centre Lyon-Villeurbanne – UR MAEP – 5, rue de la Doua – BP 32108 – 69100 Villeurbanne. Courriel : pascal.molle@irstea.fr

⁴ Irstea – UMR-GEAU – 361, rue Jean-François-Breton – BP 5095 – 34196 Montpellier cedex 05.

⁵ FCBA, Institut technologique forêt cellulose bois-construction et ameublement – Pôle biotechnologie et sylviculture avancée – 71, route d'Arcachon-Pierroton – 33610 Cestas.

⁶ Satese 82 – 19, rue du Docteur-Labat – 82000 Montauban.

⁷ Agence de l'eau Adour-Garonne – 90, rue de Férétra – CS 87801 – 31078 Toulouse cedex 4.

- de deux filtres plantés de roseaux (FPR ; $2 \times 50 \text{ m}^2$) pour le traitement complémentaire des percolats ;
- d'un bassin de stockage des eaux traitées pour l'irrigation (capacité 140 m^3).

1.1.2. Fonctionnement

Deux solutions de rejet des percolats traités sont utilisées selon la saison :

- régime été : les percolats sont envoyés via le réseau d'irrigation vers un taillis à courte rotation (TCR) de 3,2 ha plantés de peupliers et d'eucalyptus. Le bois récolté tous les 7 à 8 ans alimentera la chaufferie de Nègrepelisse ;
- régime hiver : les percolats sont directement envoyés sur les anciennes lagunes de la station d'eaux usées de Nègrepelisse avant de rejoindre le milieu naturel.

1.2. Suivis scientifiques

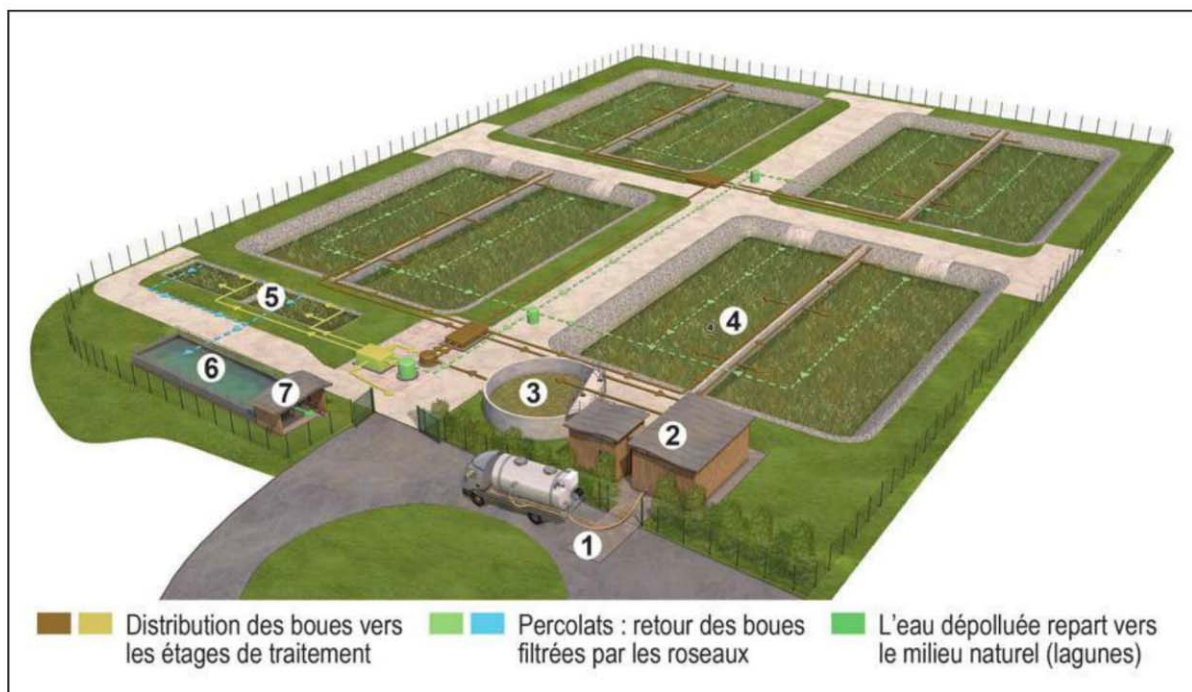
En vue d'évaluer les performances de chaque étape de traitement, l'installation a fait l'objet d'un programme de suivi pluridisciplinaire dont les résultats sont discutés et validés en comité de pilotage

réunissant l'agence de l'eau Adour-Garonne, le maître d'ouvrage et les partenaires en charge du suivi. Cette évaluation, réalisée en collaboration avec Epur Nature (constructeur de l'installation), s'est appuyée sur des campagnes de mesures indépendantes réalisées par le Satese 82, la CCTVA, l'Institut technologique forêt cellulose bois-construction et ameublement (FCBA) et Irstea, coordonnateur du projet.

L'ensemble du suivi avait pour objectif d'évaluer l'efficacité de l'installation de traitement (déshydratation et minéralisation des matières de vidange, qualité de traitement des percolats), de la filière taillis à courte rotation (évaluation de la performance d'irrigation sur une parcelle plantée et de la production de bois) ainsi que l'impact sur le milieu récepteur (nappes et rivière) lors des premières années de fonctionnement (phase de démarrage et nominale).

1.2.1. Évaluation des performances de l'installation de traitement des matières de vidange

L'objectif de ce volet était l'évaluation du traitement des matières de vidange sur une installation de taille



réelle par lits de séchage plantés de roseaux en vue notamment de confirmer les règles de dimensionnement et de gestion actuellement établies sur un retour d'expériences sur pilotes semi-industriels [MOLLE *et al.*, 2013].

Dans ce cadre, les aspects suivants ont été suivis :

- quantité et qualité des boues entrantes ;
- performances des LSPR (épuration/déshydratation/minéralisation) ;
- performances épuratoires du traitement des percolats par FPR.

Depuis sa mise en route (fin 2013), des campagnes de mesures et de prélèvements ont été réalisées sur près de 2 ans. Le suivi a consisté en une mesure en continu des débits à chaque étape de traitement ainsi que les teneurs en MES pour maîtriser parfaitement les charges organiques envoyées sur les lits.

De même, a été mis en place (CCTVA et Satese 82) un suivi bimensuel des performances de chaque étage de traitement et de mesures quantitatives et qualitatives des dépôts de boues. Les suivis se rapportant au traitement ont été réalisés sur la base d'échantillons moyens 24 h réfrigérés et analysés par le laboratoire départemental du Tarn pour les paramètres MES, demande chimique en oxygène (DCO) brute, azote total Kjeldahl (NTK) et phosphore total (PT).

Le suivi des dépôts organiques a consisté en des carottages représentatifs de l'hétérogénéité (protocole EPNAC [2011]) pour analyse de matières sèches (MS) et de matières volatiles (MV) ainsi que de la dynamique d'accumulation des dépôts.

Le suivi des performances épuratoires du traitement des percolats par FPR a été réalisé par des bilans 24 h lors des périodes d'irrigation pour analyse des paramètres MES, DCO brute, NTK, PT N-NH_4 et N-NO_3 .

Deux campagnes plus poussées de 15 jours ont également été réalisées pour suivre, d'une part, la dynamique d'évolution des dépôts de boues au sein de périodes de repos ainsi que des suivis en continu des paramètres azotés à chaque étape de traitement, d'autre part.

1.2.2. Irrigation

Les objectifs techniques étaient les suivants :

- étudier deux solutions d'irrigation considérées comme suffisamment robustes pour épandre des effluents pouvant être encore chargés (ajutages calibrés et micro-asperseurs) ;
- tester une méthode alternative d'irrigation ne nécessitant pas de filtration ;
- vérifier périodiquement l'uniformité de l'irrigation et proposer une méthode de maintenance adaptée ;
- soumettre les arbres à trois durées d'irrigation différentes : 108, 138 et 168 jours par an pour une même dose d'apport journalière prévue de 6,3 litres par arbre en moyenne soit $7,9 \text{ m}^3$ par hectare. La dose journalière moyenne effectivement constatée a été de $7,5 \text{ m}^3$ soit 0,75 mm par irrigation.

La méthode d'irrigation utilisée a été choisie pour sa simplicité et sa robustesse. Il s'agit d'ajutages (buses) calibrés en laiton insérés dans la paroi d'un tube en polyéthylène (PE) qui sert à la fois de support et pour l'alimentation. Ces tubes sont posés sur le sol au voisinage de la rangée d'arbres, une buse est disposée au niveau de chaque arbre. Le diamètre des buses est choisi en fonction de la pression et de la distance à l'entrée de la ligne, pour compenser les pertes de charge et de la dénivelée, et pour délivrer un débit constant en tout point de la parcelle.

1.2.3. Suivi du milieu

Les objectifs du suivi du milieu récepteur consistaient à évaluer l'impact éventuel :

- de l'irrigation sur les eaux souterraines, au travers du suivi semestriel, en période de hautes et basses eaux, d'un réseau de trois piézomètres. Le suivi porte sur une quinzaine de paramètres physico-chimiques ;
- du rejet des filtrats sur les eaux superficielles à travers le suivi trimestriel d'une quinzaine de paramètres physico-chimiques et d'un paramètre biologique sur deux stations de mesure situées en amont et en aval du point de rejet.

1.2.4. Suivi de la production bois énergie

Le taillis à courte rotation (TCR) a été installé en mars 2011 sur la parcelle de 3,2 hectares de façon à mesurer la faisabilité de valorisation des effluents d'eau épurée issus de la station matières de vidange de Nègrepelisse [PAULUS et FRAYSSE, 2015]. Cette

Modalité d'irrigation	Durée d'arrosage	Apport d'eau sur la saison (en mm)	Date de démarrage de l'arrosage	Date de fin d'arrosage
Témoin	Aucun arrosage additionnel			
Modalité 1	108 jours	81	16 mai 2014	1 ^{er} septembre 2014
Modalité 2	138 jours	104		1 ^{er} octobre 2014
Modalité 3	168 jours	126		31 octobre 2014

Tableau I. Description des modalités d'irrigation comparées sur le dispositif expérimental

plantation expérimentale avait pour objectif de mesurer pour deux essences, le peuplier et l'eucalyptus, les impacts de l'irrigation sur la croissance des arbres ainsi que sur le milieu récepteur, le sol et la flore accompagnatrice. L'irrigation est apportée quand les besoins en eau des arbres sont les plus importants, c'est-à-dire principalement en période estivale, mais également en début d'automne, au moment où la croissance des arbres en diamètre et en biomasse est la plus forte. L'objectif de l'expérimentation est de mesurer l'effet de la durée d'arrosage sur la productivité de la plantation en biomasse pour les deux essences. Trois modalités d'irrigation ont été comparées à un témoin non irrigué (tableau I) pour évaluer l'impact de la dose et de la période d'irrigation sur la croissance des arbres. La plantation a été effectuée à une densité de 1 250 plants par hectare, le dispositif expérimental comprend, pour chaque modalité, deux répétitions de 1 000 m² pour les eucalyptus et deux répétitions de 600 m² pour les peupliers avec respectivement 125 et 75 arbres mesurés par répétition.

Des prélèvements et analyses ont été effectués avant irrigation (sols et flore) et renouvelés au cours des 3 ans de suivi. Un suivi en croissance des arbres a été fait chaque année.

2. Résultats et discussions

2.1. Performances de l'installation

2.1.1. Performances des lits de séchage plantés de roseaux (LSPR)

Les performances de traitement de l'installation sont présentées pour la période de démarrage (charge de 24 kg MES/m²/an en moyenne dans le cadre d'un cycle alimentation/repos de 1 j/7 j) à une période de routine (charge de 37 kg MES/m²/an en moyenne dans le cadre d'un cycle alimentation/repos de

3 j/15 j). Les concentrations des paramètres caractéristiques des boues en entrée et en sortie des lits sont présentées dans la figure 2. Elle permet de visualiser l'amplitude des concentrations mesurées et les rendements épuratoires satisfaisants. Ils sont en effet de 99,5 % pour les MES, 98,3 % pour la DCO brute, 94,9 % pour le NTK et 94,8 % pour le PT.

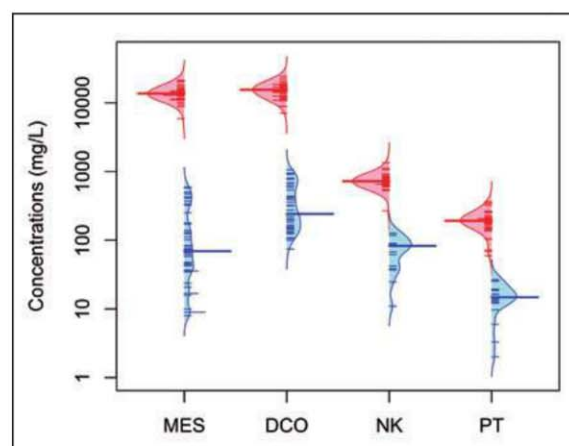


Figure 2. Les courbes de distribution des concentrations des paramètres suivis en entrée (dans le bassin tampon aéré, en rouge) et en sortie des lits de séchage plantés de roseaux (LSPR) (en bleu). Les petites et les grandes barres correspondent respectivement aux données individuelles et aux médianes

Les caractéristiques des boues entrantes sur les lits et des percolats sont présentées dans le tableau II. On confirme, malgré de très bons rendements d'élimination, qu'il peut être nécessaire d'avoir un complément de traitement des percolats avant rejet au milieu naturel suivant la sensibilité de ce dernier. Cela justifie le traitement complémentaire des percolats par filtres plantés de roseaux. De même, on observe que les variations de concentration en sortie des lits sont assez importantes pour les paramètres DCO, NTK et PT, paramètres dont la fraction dissoute est non négligeable. Plusieurs

Points de prélèvement	MES (mg/L)	DCO (mg/L)	NTK (mg/L)	PT (mg/L)	pH	Conductivité (µS/cm)
Entrée	13 900 ± 467 (43)	15400 ± 541 (43)	737 ± 27 (43)	194 ± 9,8 (43)	7,4 ± 0,2 (22)	1 819 ± 330 (22)
Sortie	147 ± 26 (42)	386 ± 43 (43)	72,7 ± 9,4 (15)	15,2 ± 1,7 (18)	7,4 ± 0,3 (31)	1 830 ± 407 (31)

MES : matières en suspension ; DCO : demande chimique en oxygène ; NTK : azote total Kjeldahl ; PT : phosphore total.

Tableau II. Caractéristiques des boues en entrée (bassin tampon aéré) et en sortie des lits de séchage plantés de roseaux (LSPR) : moyenne ± intervalle de confiance à 95 % (nombre de données entre parenthèses)

Points de prélèvement	MES (mg/L)	DCO (mg/L)	NTK (mg/L)	PT (mg/L)	N-NH ₄ (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)
Entrée	182 ± 22 (16)	378 ± 31 (17)	46,9 ± 8,3 (10)	14,5 ± 1,0 (12)	21,0 ± 3,9 (17)	55,6 ± 5,7 (17)
Sortie	90 ± 8 (16)	232 ± 14 (17)	19,8 ± 3,2 (11)	13,6 ± 1,0 (14)	8,8 ± 1,8 (17)	66,8 ± 5,0 (17)

MES : matières en suspension ; DCO : demande chimique en oxygène ; NTK : azote total Kjeldahl (NTK) ; PT : phosphore total.

Tableau III. Caractéristiques des effluents en entrée/sortie des filtres plantés de roseaux (FPR) : moyenne ± intervalle de confiance à 95 % (nombre de données entre parenthèses)

facteurs explicatifs, comme la saison (température, développement des roseaux), le stade de maturité des lits (biomasse épuratrice, couche de dépôt), les rythmes d'alimentation et les charges ponctuelles peuvent avoir un impact sur les performances.

En ce qui concerne le dépôt de boues, après la période de démarrage, une accumulation de l'ordre de 10 cm/an des dépôts a été notée. Le suivi régulier

(figure 3) a également permis de visualiser le bon comportement des lits. La siccité du dépôt organique (taux de matières sèches) est en moyenne de 24 % (± 4,6 %). On notera deux gammes de population de valeur de siccité correspondant aux variations liées aux saisons. En été, les siccités en fin de période de repos montent à des valeurs de l'ordre de 30 % mais peuvent être parfois modifiées en cas de pluies prolongées et descendre à des valeurs proches de 20 %. En hiver, les valeurs se stabilisent autour de 20 % de siccité. La minéralisation est également déjà notable, malgré la jeunesse de l'installation (faible temps de stockage actuellement), de par une baisse significative de taux de matières volatiles du dépôt (64 ± 5 % de MES) par rapport à celui des boues d'alimentation issues du bassin tampon (72 ± 4 % de MES).

2.1.2. Traitement des percolats

Les percolats sont envoyés sur des filtres plantés à écoulement vertical librement drainé à des charges hydrauliques de l'ordre de 85 cm/j en moyenne. Les concentrations des différents paramètres suivis en entrée/sortie des FPR sont présentées dans le tableau III. On observe un rôle supplémentaire de filtration ainsi qu'un complément de la nitrification.

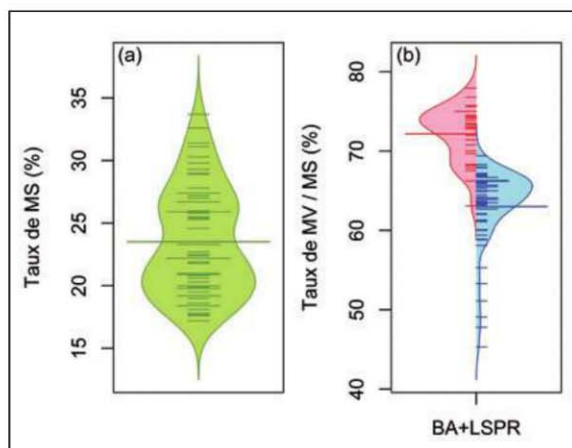


Figure 3. Distributions des données : (a) taux de matières sèches (MS) des boues en surface des lits de séchage ; (b) taux de matières volatiles (MV) par rapport aux matières sèches dans les boues en entrée (dans le bassin d'aération BA, en rouge) et en surface des lits LSPR (en bleu). Les petites et les grandes barres correspondent respectivement aux données individuelles et aux médianes

On observe encore des concentrations non négligeables en MES liées à des performances de filtration modestes (50 %). Les tailles de MES arrivant sur les filtres sont dans une gamme de 5 à 60 μm , relativement fines et ne sont donc filtrées que partiellement sur les filtres. La couche filtrante du FPR composée d'un mélange de sable (0/4 mm) et de gravillons (2/6,3 mm), avec un diamètre médian d_{50} de l'ordre de 2 mm, est légèrement grossière pour garantir une filtration efficace et pourrait être optimisée à l'avenir. Il convient cependant de ne pas mettre en œuvre des sables trop fins pour éviter le colmatage de l'ouvrage. De même pour améliorer la nitrification, il serait intéressant de travailler sur l'optimisation de la charge appliquée et/ou de la profondeur du sable.

2.2. Performance de l'irrigation

La performance du dispositif d'irrigation réside dans sa capacité à conserver dans le temps une bonne uniformité de distribution de l'effluent sur l'ensemble des parcelles. Cette uniformité est un élément essentiel dans la chaîne de performance d'ensemble. En effet, tout défaut de distribution se traduira soit par un déficit de croissance des arbres, en cas de colmatage du système ou de défaut de pression, soit par un défaut d'affinage du traitement de l'effluent du fait d'excès localisés générateurs de lessivages ou de ruissellement, voire de dépérissement des arbres.

Les systèmes de distribution mis en place sont *a priori* rustiques, nous les avons testés au laboratoire d'Irstea, suivant une méthode utilisée pour le goutte-à-goutte, avec des particules minérales, allant de la fraction argileuse à la fraction sableuse. La taille de ces particules varie de quelques μm à 500 μm au cours d'un test de 4 semaines avec une concentration en particules croissante. À l'issue des 4 semaines de fonctionnement, la concentration est de 0,5 g/L de particules (0,125 g de chacune des fractions suivantes : 0-80 μm – semaine 1 ; 80-100 μm – ajout en semaine 2 ; 100-200 μm – ajout en semaine 3 ; 200-500 μm – ajout en semaine 4 ; figure 4). Les diamètres des ajutages pouvant varier de 0,7 à 1,8 mm, nous avons utilisé la gamme 1 à 1,8 mm. Seule une légère baisse de débit a été

observée pour le plus petit des diamètres testés (1 mm). Cependant, cette baisse s'est révélée réversible. Sur la parcelle, les ajutages sont par ailleurs protégés par un étage de filtration à 130 μm , qui a assuré leur fonctionnement au cours des 3 années d'utilisation. Ce travail mériterait d'être complété par une approche des comportements spécifiques des matières organiques (développement possible de biofilm) dans ce genre de situation et la manière de le contrôler.

Le diagnostic de fonctionnement porte sur les aspects hydrauliques (équilibrage des pressions) et pluviométriques (échantillonnage des débits des distributeurs sur chaque parcelle).

Après une phase de mise en route (figure 5, mesure de septembre 2013), cinq diagnostics ont pu être réalisés (d'octobre 2013 à octobre 2015). La mesure de septembre 2013 a amené à revoir complètement l'installation, cette révision a été efficace, comme on peut le constater au travers des niveaux d'uniformité⁸ de distribution mesurés.

Sur certaines des parcelles (essentiellement 4 et surtout 5 et 6), nous avons observé des zones de ruissellement, zones dans lesquelles la perméabilité semble réduite (observation visuelle), du fait de la nature locale du sol.

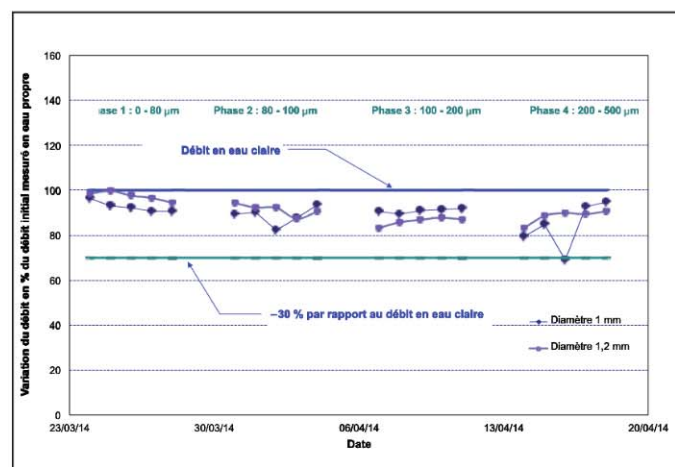


Figure 4. Évolution du débit des ajutages de 1,0 et 1,2 mm de diamètre au cours du temps en % du débit initial et pour des tailles et concentrations de particules croissantes

⁸ Uniformité : coefficient adimensionnel caractérisant l'homogénéité de la distribution sur une parcelle, valeur objectif mini 85.

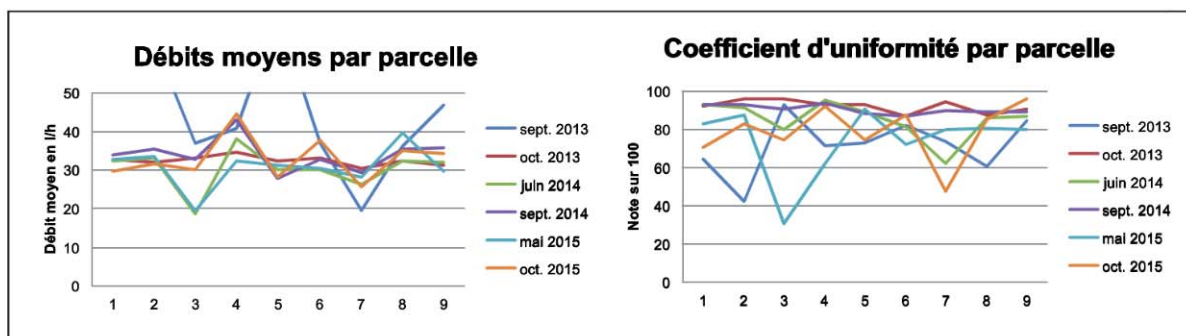


Figure 5. Dose moyenne apportée par arbre (gauche) et uniformité de distribution (droite) par secteur (de 1 à 9) au cours des six mesures (de septembre 2013 = mise en route, à octobre 2015)

La série de mesures réalisée en 2015 a donné des résultats d'uniformité équivalents à ceux de 2014, notons qu'à la suite des mesures de mai 2015, un nettoyage de certains secteurs s'est révélé nécessaire, en plus des opérations de maintenance de routine du fait d'intrusions de racines. En conséquence, si l'on utilise ce type de distributeurs d'irrigation localisée, il est fortement conseillé de les suspendre à une trentaine de centimètres au-dessus du sol. Outre la protection contre les intrusions de racines, cela permettra de limiter les risques de ruissellement et de protéger l'installation d'irrigation des nombreuses dégradations observées liées au débroussaillage sans visibilité de la position des canalisations d'irrigation. Par ailleurs, des tests sur un distributeur d'arrosage autorégulant, capable de fonctionner sans filtration sur l'eau brute issue des filtres plantés, ont été conduits avec succès. Un tel distributeur permettra d'équiper l'ensemble de la parcelle avec un seul équipement sans préoccupation de sélection des diamètres d'ajutage. Ses performances sont en cours de validation à Irstea.

2.3. Suivi du milieu récepteur

Entre mai et octobre 2014 inclus, 5 477 m³ de filtrats ont été utilisés pour l'irrigation. En dehors de cette période, les filtrats ont rejoint les lagunes de la station d'épuration communale avant rejet dans le milieu récepteur.

2.3.1. Suivi de la qualité des eaux souterraines

Les premières analyses sur les eaux souterraines ont été réalisées en 2011, soit 3 ans avant la mise en service de l'irrigation. Aucune tendance à la hausse n'a été observée sur l'ensemble des paramètres entre

la campagne de 2011 et celle de 2015. Les teneurs en éléments traces métalliques sont restées inférieures aux limites de quantification. En ce qui concerne les nitrates, des teneurs constantes proches de 60 mg/L ont été mesurées sur le piézomètre situé en amont hydrogéologique, contrairement aux ouvrages en aval où les valeurs sont restées proches des limites de quantification. Cette situation a été mise en évidence dès l'état initial et pourrait être liée aux anciennes activités agricoles sur la parcelle où est implanté le piézomètre amont. Les teneurs en sodium sont restées constantes et relativement similaires sur l'ensemble des trois ouvrages.

Les premiers résultats montrent l'absence d'impact de l'irrigation sur la qualité des eaux souterraines. La campagne de 2016 permettra de vérifier si cette tendance s'inscrit dans le temps. Ces résultats pourront être mis en parallèle avec ceux du suivi forestier, notamment pour déterminer la capacité de fixation et de bioaccumulation des végétaux.

2.3.2. Suivi des eaux superficielles

Le suivi concerne le ruisseau des Courounets (O5780530) qui se caractérise par un faible débit d'étiage, il est par ailleurs soumis à des pressions de pollution diverses :

- domestiques : effluents traités de la station d'épuration de la commune de Nègrepelisse de type filtre planté de roseaux de 4 000 équivalent-habitant (EH) et, depuis 2014, au rejet en hiver du site de traitement des MV ;
- agricoles ;
- morphologiques.

Le suivi a été initié en 2012, soit 2 ans avant la mise en service de l'unité de traitement. Les résultats collectés entre 2012 et 2014 ont mis en évidence une dégradation de la qualité des eaux, entre l'amont et l'aval, notamment sur les teneurs en nitrates et en phosphore, vraisemblablement liée au rejet de la station eaux usées domestiques de Nègrepelisse.

À la suite de la mise en service de l'unité de traitement des matières de vidange, aucun impact supplémentaire n'a été décelé sur le cours d'eau dont le débit moyen est de l'ordre de 50 L/s. Les teneurs en nitrates sont restées proches de 25 mg/L pour la station amont et de 32 mg/L pour l'aval. À titre de comparaison, les concentrations annuelles moyennes en nitrate mesurées à la station aval entre 2009 et 2013 étaient de l'ordre de 37 mg/L. Pour le phosphore, les concentrations mesurées en amont étaient de l'ordre de 0,2 mg/L contre 0,9 mg/L en aval. Cette dégradation de la qualité de l'eau a été corroborée par le suivi des diatomées, commencé en 2014. La qualité de l'eau passe ainsi de « bonne » pour la station amont, à « moyenne » pour la station aval. Ces premiers résultats sont similaires aux observations effectuées avant 2014. Aucune aggravation des impacts n'a été mise en évidence à la suite de la mise en route de l'installation MV82. À titre de comparaison, le flux journalier de nitrates rejeté par la station d'épuration

communale est 25 fois plus important que celui de l'unité MV82.

2.4. Suivi de la production bois énergie

La première mise en irrigation de la plantation a été effectuée en mai 2014, au cours de la quatrième saison de végétation. Au niveau de la méthode d'arrosage, il a été comparé sur le TCR différentes méthodes d'irrigation :

- irrigation par micro-aspiration et irrigation à partir d'ajuteurs calibrés ;
- dose d'arrosage avec un seul apport journalier ou fractionnée en deux apports journaliers.

Dès la fin 2014, après une saison d'arrosage on constate un effet favorable de l'apport d'eau sur la croissance des arbres en hauteur et en circonférence. On ne retrouve aucun effet de la méthode d'apport (micro-aspiration ou ajuteurs) et du fractionnement de la dose d'apport journalière, seule la durée d'arrosage et donc la dose apportée a un effet hautement significatif sur la croissance des arbres.

Pour l'eucalyptus, la croissance en hauteur sur l'année est augmentée de plus d'un mètre par rapport au témoin dès 108 jours d'apport d'eau.

Pour les modalités avec 138 et 168 jours d'irrigation, l'accroissement en hauteur de 2014 (IH 2014) est multiplié par deux et passe de 145 cm pour le témoin à plus de 3 m pour les modalités irriguées. La croissance en circonférence sur la saison 2014 (IC 2014) est également plus forte pour toutes les

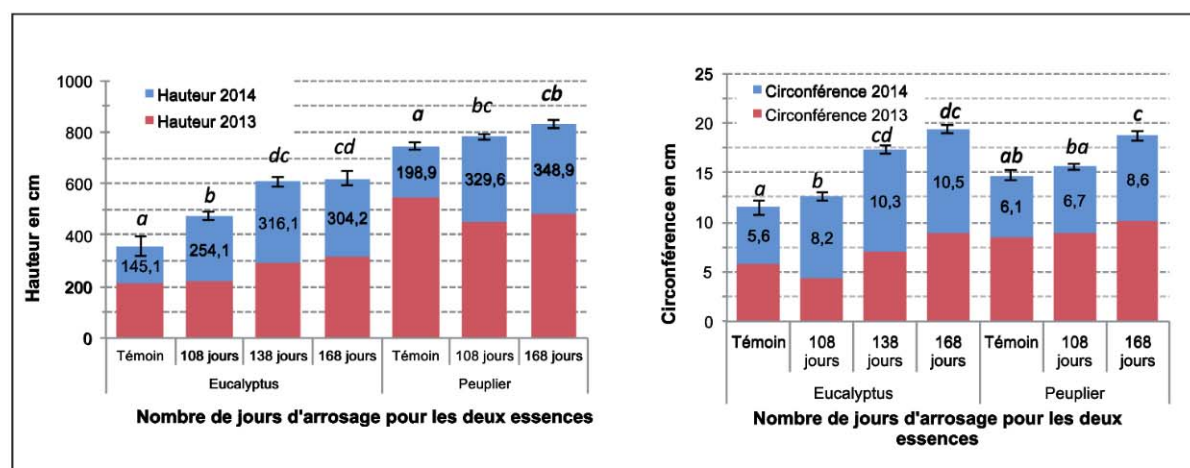


Figure 6. Résultats de croissance en hauteur et en circonférence à 3 ans (fin 2013) avant irrigation et à 4 ans après une saison d'irrigation. Pour chaque espèce, les valeurs d'accroissement suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité $p = 0,05$ si elles ont la même lettre au-dessus de la barre d'histogramme

modalités avec irrigation : IC 2014 passe de 5,6 cm pour le témoin à plus de 10 cm pour les deux modalités avec 138 et 168 jours d'irrigation. Pour la modalité avec 108 jours d'irrigation, les différences observées par rapport au témoin pour IC 2014 ne sont pas significatives au seuil de probabilité $p = 0,05$ (figure 6).

Pour le peuplier, on retrouve de manière similaire les mêmes résultats que pour l'eucalyptus, même si les différences avec le témoin sont moins marquées. La valeur de IH 2014 passe de 199 cm pour le témoin à plus de 3 m pour les deux modalités irriguées. Pour IC 2014, la différence avec le témoin est significative, au seuil de probabilité $p = 0,05$, uniquement pour la modalité avec 168 jours d'irrigation, on passe de 6,1 cm pour le témoin à 8,6 cm d'accroissement pour la modalité irriguée sur la saison 2014 (figure 6).

Si l'on compare les deux essences, on remarque que les peupliers ont eu une croissance initiale, hauteur et diamètre 2013, plus forte que celle mesurée pour les eucalyptus qui ont souffert d'une période de gel marquée en février 2012 (température mini de -12°C le 9 février). En revanche, on constate que l'apport d'eau effectué en 2014 a eu un effet plus favorable sur la croissance des eucalyptus, même si leur hauteur totale à 4 ans reste inférieure à celle des peupliers. On observe en effet que, dans le cas des modalités irriguées, l'accroissement en circonférence a été plus fort en 2014 pour les eucalyptus que pour les peupliers (figure 6). Ces premiers résultats expérimentaux mettent bien en évidence que l'alimentation en eau reste un facteur limitant pour la croissance des plantations de taillis à courte

rotation (TCR). L'allongement de la durée d'arrosage et donc de la quantité d'eau apportée permet d'augmenter sensiblement la croissance des arbres pour les deux essences, bien que les doses d'eau apportées restent faibles : 0,75 mm par jour, soit, en fonction de la durée de l'irrigation, 80 à 126 mm sur la saison (tableau I). Sur ce type de station, on peut espérer, à partir de ces premières données, que l'irrigation à partir de cet effluent permettra de doubler la production en biomasse de la plantation à vocation énergétique. Des mesures complémentaires de biomasse et de pouvoir calorifique seront effectuées de façon à pouvoir quantifier précisément la production énergétique attendue.

Conclusion

Les résultats issus des 22 premiers mois de suivi de l'installation mettent en exergue l'intérêt de ce type de filière, tant au niveau du traitement des boues de vidange que de la valorisation des percolats en TCR pour la production de bois énergie. Les résultats obtenus confirment l'intérêt de cette technique pour le traitement des matières de vidange, et permettent de préciser les règles de dimensionnement d'un étage de finition des percolats et des techniques d'irrigations. Lorsqu'ils sont valorisés en irrigation, les percolats accélèrent la croissance des arbres et donc optimisent l'intérêt économique de la filière bois énergie.

Un suivi complémentaire dans le temps de l'installation permettra de valider ces observations pour un fonctionnement à capacité nominale et sur une période davantage représentative.

Bibliographie

EPNAC (2011) : *Protocole de prélèvement pour l'échantillonnage des boues dans les lits de séchage plantés de roseaux en vue de leur qualification agricole*. 28 p. (www.epnac.irstea.fr)

LIÉNARD A., ESSER D., DEGUIN A., VIRLOGET F. (1990) : « Sludge dewatering and drying in reed beds: an interesting solution? General investigation and first trials in France ». In : Cooper P.F., Findlater B.C., eds, *Constructed Wetlands in Water Pollution Control*. Oxford : Pergamon Press, p. 257-267.

MOLLE P., VINCENT J., TROESCH S., MALAMAIRE G. (2013) : *Les LSPR pour le traitement des boues et des matières de vidange : Guide de dimensionnement et de gestion*. 82 p. (www.epnac.irstea.fr)

PAULUS A., FRAYSSE J.-Y. (2015) : « Le taillis à courte rotation au croisement du traitement des eaux et de la sylviculture ». *La Forêt-Privée* ; 221, mars 2015 : 51-60.

Résumé

T. BEL, S. TROESCH, B. KIM, B. MOLLE, J.Y. FRAYSSE, N. EISNER, P. BOURDONCLE, J. DI MARE, P. MOLLE

Traitement des matières de vidange par lits de séchage plantés de roseaux et valorisation des percolats en bois énergie : une approche écologique

La gestion pérenne des déchets issus de l'assainissement passe par des solutions adaptées au contexte des territoires. Elle doit notamment respecter les principes de proximité dans les circuits de collecte et traitement et permettre au mieux la valorisation des déchets. L'unité de traitement des matières de vidange de Nègrepelisse [82] répond à ces impératifs avec une solution écologique qui offre plusieurs avantages :

- sobriété énergétique dans les transports induits par un site proche des déchets à éliminer, et dans la consommation énergétique de la filière extensive de traitement mise en œuvre ;
- valorisation énergétique vers une filière bois-énergie locale ;

– intégration paysagère avec une filière qui se fond dans le paysage environnant ;

- durabilité du système technique et agronomique.
- Le travail a consisté à suivre les performances de la filière dans son ensemble : traitements des effluents, distribution sur la parcelle et son homogénéité et valorisation des eaux usées traitées par la croissance des arbres sur une période de trois saisons d'irrigation. L'objectif était de valider la filière de traitement ainsi que de tester plusieurs modalités de conduite des irrigations afin de montrer que cette filière est très performante tant en matière de finalisation du traitement de l'effluent que de valorisation par la production de bois sans impact sur le milieu.

Abstract

T. BEL, S. TROESCH, B. KIM, B. MOLLE, J.Y. FRAYSSE, N. EISNER, P. BOURDONCLE, J. DI MARE, P. MOLLE

Septage treatment by sludge treatment reed beds and reuse of treated leachate for tree irrigation: an ecological approach

The sustainable management of fecal sludge requires adapted solutions. It should particularly respect the principles of proximity of septage collection and treatment but also enable better recovery of waste. The installation of fecal sludge treatment at Nègrepelisse meets these requirements with an environmentally friendly solution that offers several advantages:

- energy restraint in transports induced by the proximity of the treatment plant from septage collection and low energy consumption of the extensive treatment process implemented;

– water reuse for tree irrigation to a local wood energy sector;

- landscaping thanks to an installation that blends into the surrounding landscape;
 - sustainability of technical and agronomic system.
- The work consisted in monitoring over three seasons the performances of the whole treatment and reuse line including irrigation distribution and homogeneity, tree growth and impact on subsurface waters. The objectives were the validation of the treatment plant as well as testing different irrigation modes and their impacts on wood production.



Ce guide pratique vous permettra d'accéder aux connaissances indispensables sur les services publics de l'eau, de l'assainissement et des déchets et donne des clefs pour orienter son parcours professionnel.



QUANTUM



RADAR Tri-Fréquences

Grâce à ses trois fréquences, le RADAR QUANTUM est le seul capable de voir aussi bien les petits réseaux de surface que les réseaux de diamètres importants jusqu'à 8 m de profondeur.

Description

Le RADAR Quantum vous permet grâce à ses 3 fréquences de détecter tous types de réseaux enterrés.

Avec l'affichage simultané des données obtenues à haute, moyenne et basse fréquence, vous pouvez facilement retrouver aussi bien des réseaux de petites sections à des faibles profondeurs (fibres optiques, branchements...) que des réseaux plus imposants jusqu'à 8m (assainissement, pluvial...) Son interface en français est utilisable au doigt ou au stylet fourni avec sa tablette durcie Panasonic® FZ-G1 ou Getac® F110*.

Ce RADAR de conception robuste est fait pour tous types de terrains, comme le démontre son antenne biseautée et ses grandes roues lui permettant de franchir aisément les obstacles que vous croiserez sur vos chantiers.



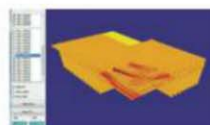
**UN RADAR TAILLÉ
POUR LE TERRAIN**
AVEC DES ROUES DE
GRANDS DIAMÈTRES



**FACILEMENT
TRANSPORTABLE**
AVEC SON CHARIOT
ROBUSTE ET PLIABLE

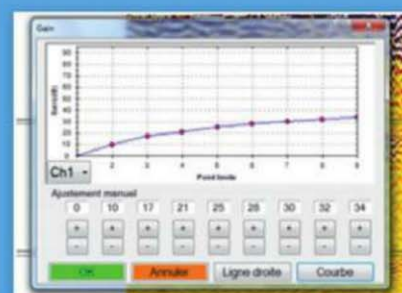
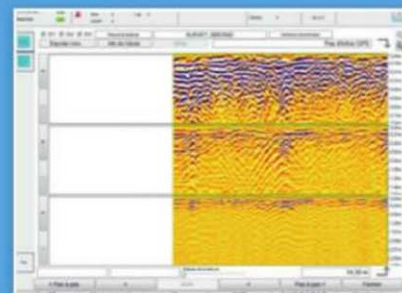


**UNE INTERFACE
CONVIVIALE**
CLAIRE ET EN
FRANÇAIS



**DE NOMBREUSES
FONCTIONS AVANCÉES**
POUR DISCERNER AU
MIEUX LES RÉSEAUX

*Parce que sans
vous un RADAR
n'est rien...*



L'interface du Quantum a été pensée dans les moindres détails afin de vous faciliter la détection des différents réseaux sur le terrain. Vous pourrez ainsi choisir l'affichage de vos 3 fréquences à votre convenance, changer le gain à la volée, effectuer un zoom ou même marquer le réseau que vous venez de localiser. Toutes ces fonctions sont accessibles directement sur l'écran de visualisation et en moins de 3 clics.