

Amélioration des performances de bassins de décantation en génie civil grâce à une décantation lamellaire optimisée

Enhanced solids removal after upgrade of concrete tank to lamella

Jean-Yves Viau¹, Cloé Poirier², Angelika Benesch³, Cédric Lambiel⁴, Christian Vouillamoz⁵

^{1,2} Saint Dizier environnement, Rue Gay Lussac F-59147 Gondecourt
jyviau@sden.fr, cpoirier@sden.fr

³ Ingenieurbüro Fließwechsel, Kurze Strasse 28, D-44137 Dortmund
benesch@fliesswechsel.de

⁴ CanPlast, Route de Sullens 2B CH-1029 Villars-Ste-Croix
cedric.lambiel@canplast.ch

⁵ DTEE SRTCE UT III, centre routes nationales, Indivis CH-1906 Charrat
christian.vouillamoz@admin.vs.ch

RÉSUMÉ

La société Saint Dizier environnement a aménagé des bassins de décantation des eaux de ruissellement sur l'autoroute A9 en Suisse en 2011. Les travaux ont consisté à dimensionner et à réaliser des aménagements des ouvrages de décantation existants, afin d'améliorer leurs performances épuratoires, par la mise en œuvre de structures alvéolaires de décantation. Une vitesse de chute inférieure à 3 m/h a été retenue pour le dimensionnement. Près de deux ans après ces travaux, une évaluation des performances de deux ouvrages a été réalisée : les Sablons, et l'Île d'Épine. Une analyse granulométrique a mis en évidence l'efficacité de la décantation lamellaire : 50% des particules ont un diamètre inférieur à 19,2 µm. Les boues sont chargées en hydrocarbures et polluants (HAP, métaux lourds). La méthodologie audit-dimensionnement et conception - aménagement du bassin est reproductible pour l'ensemble des ouvrages, aussi bien en construction qu'en réhabilitation.

ABSTRACT

The company "Saint Dizier environnement" equipped in 2011 settling tanks in concrete which treat stormwater of the A9 highway in Switzerland. Work consisted in converting these tanks into lamellar settlers to increase their performances, thanks to settling alveolar structures. A settling velocity smaller than 3 m/h was chosen for this conception. Almost two years after this rehabilitation, an evaluation of performance was made in two lamella tanks: Les Sablons and Ile d'Épine. A sieve analysis on sludge showed the efficiency of the lamellar decantation: 50% of the solids have a diameter smaller than 19.2 µm. Sludges are rich in hydrocarbons and pollutants (PAHs, heavy metals). The method audit - design and conception - fitting out of tanks can be reproduced for all tanks, for rehabilitation as well as new ones.

MOTS CLÉS

Décantation lamellaire, eaux pluviales, matières en suspension, réhabilitation, traitement

1 INTRODUCTION

1.1 Présentation du projet

Onze ouvrages de traitement des eaux de chaussées de l'autoroute A9 à l'amont de bassins d'infiltration ne répondaient plus aux exigences en termes de protection des eaux. Saint Dizier environnement a donc été mandaté en 2010 par le maître d'ouvrage pour faire un audit des ouvrages en place afin de réaliser une proposition technique d'amélioration des performances épuratoires.

L'autoroute A9 traverse le quart Sud-Ouest de la Suisse, entre la France et le col du Simplon. Les tronçons concernés sont situés à proximité de Saint Maurice et d'Evionnaz. Le trafic moyen journalier de cette zone est de 37 300 véhicules en 2014 d'après l'Office Fédéral des Routes (OFROU). Cet article se concentre sur les bassins Ile d'Épine et Sablons.

1.2 Caractéristiques des bassins Ile d'Épine et Sablons

Le bassin d'Ile d'Épine traite les eaux de ruissellement de l'autoroute au kilomètre 61,74 et correspond à une surface de 1,5 ha. Les eaux de chaussées sont collectées par des caniveaux le long de la route puis acheminées par une canalisation à l'installation de traitement.

Le bassin les Sablons, situé au kilomètre 65,95 traite les eaux de ruissellement issues d'une surface de 4,5 ha. Les eaux pluviales sont évacuées de la chaussée vers des fossés (rigoles de rétention-filtration) bordant la route, permettant l'infiltration de l'eau et son drainage vers une canalisation de collecte qui achemine les eaux à l'ouvrage de traitement.

Tableau 1 : Caractéristiques des deux ouvrages étudiés

Nom	Ile d'Épine	Sablons
Position	61,74	65,95
DN entrée	800	1000
Pente (mm/m)	6	2
Surface du bassin versant (ha)	1,5	4,5
Largeur bassin (mm)	2600	3600
Longueur intérieure totale (mm)	10950	10650
Débit de traitement retenu (l/s) Sur la base des ouvrages existants et des données bibliographiques sur les eaux pluviales	267	309
Présence d'un trop plein d'évacuation des débits excédentaires	Surverse supérieure	Surverse supérieure
Longueur tranquillisation (mm)	2100	1850
Longueur structure lamellaire (mm)	7250	7500

1.3 Cahier des charges

Les principaux critères à respecter pour le cahier des charges sont les suivants :

- Effluents pluviaux autoroutiers,
- Abattement visé sur les Matières en suspension > 60 % des particules de diamètre inférieur à 50 µm,
- Abattement visé sur les Matières en suspension > 95 % des particules de diamètre supérieur à 100 µm.

2 REHABILITATION DES OUVRAGES EN DECANTEURS LAMELLAIRES

2.1 Dimensionnement

Les critères dimensionnels sont les suivants :

- Décantation à contre-courants sur des structures lamellaires nids d'abeilles, de diamètre hydraulique 20 mm,
- Vitesse de chute des MES, critère relatif à la surface lamellaire nécessaire à l'obtention des performances sur les paramètres MES mais également DCO, DBO₅, métaux et hydrocarbures, retenue à une valeur maximale de 3 m/h au débit de traitement maximal,
- Respect des critères hydrauliques : équi-répartition des eaux sur les structures lamellaires nids d'abeilles par modélisation et calculs, nombre de Reynolds, hauteur sous cellules...
- Canaux de reprise des eaux décantées
- Rétention des boues cohérente, vis à vis d'une exploitation optimale de l'ouvrage : silo de stockage des boues intégré à la station de traitement, vidanges régulières par hydrocureuse, avec une autonomie supérieure à un an.

2.2 Caractéristiques des décanteurs lamellaires après réhabilitation

Les bassins en génie civil ont été réhabilités en 2012, avec les données techniques précisées dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Caractéristiques des décanteurs lamellaires après réhabilitation des bassins

Nom	Ile d'Epine	Sablons
Position	61,74	65,95
Surface projetée des nids d'abeilles (m ²)	463	485
Vitesse de chute réelle (m/h)	2,1	2,3
Volume utile (m ³)	64,1	65,6
Volume tranquillisation (m ³) (2)	12,3	11,4
Volume séparation (m ³) (1)-(2)	51,8	54,2
Hauteur sous cellule (mm)	1145	822
Hauteur de boues maximum (mm)	460	250
Volume total stockage des boues (m ³)	14,7	14,8
Nombre de Reynolds	218	176

Les travaux de réhabilitation (cf. Figure 1) ont consisté à :

- aménager des cloisons en acier inoxydable,
- réaliser un plancher pour les structures lamellaires nids d'abeilles,
- poser les structures lamellaires nids d'abeilles, et leurs dispositifs de fixation,
- installer les canaux de reprise des eaux décantées.



Figure 1 : Avant et après aménagement des bassins en décanteurs lamellaires

3 BILAN ANALYTIQUE ET QUALITATIF DEUX ANS APRES LA MISE EN SERVICE

3.1 Quantification et qualification des polluants piégés

Des prélèvements ont été effectués, afin de contrôler les volumes et masses en polluants piégés après 2 ans de fonctionnement, à l'occasion des vidanges de ces bassins. Les opérations de vidange et de prélèvements des 9 et 10 septembre 2014 ont consisté :

- A évacuer les eaux de surface (visiblement propres, analyses réalisées), à l'aval de l'ouvrage, donc au milieu naturel,
- A pomper les eaux chargées en partie basse des ouvrages (fosse avec sur-profondeur), afin de permettre un accès aux lits de boues présents sur le radier de l'ouvrage, et d'assurer les prélèvements réalisés,
- A pomper et évacuer les boues en centre de traitement,
- A nettoyer à l'aide d'une lance à haute pression, les équipements de l'ouvrage, et notamment les structures lamellaires, directement à partir du terrain naturel, puis des passerelles placées au-dessus des structures lamellaires,
- A pomper les eaux de rinçage.

Les prélèvements ont eu lieu par temps sec, la pluie précédente remontant à deux jours :

Tableau 3 : Prélèvements effectués dans les bassins en septembre 2014

Bassin	Nature de l'échantillon
Ile d'Epine	Boues dans la chambre de tranquillisation
Ile d'Epine	Boues dans la chambre de décantation lamellaire sous la structure alvéolaire
Les Sablons	Eau en sortie
Les Sablons	Boues dans la chambre de décantation lamellaire sous la structure alvéolaire

3.1.1 Quantification des polluants piégés par les décanteurs lamellaires

Les polluants suivants ont été identifiés au sein des décanteurs :

- Flottants,
- Boues résultant de la décantation des MES (matières en suspension)

Les bassins présentent des chambres de tranquillisation en amont des cellules :

- La chambre de tranquillisation du bassin Ile d'Epine présentait environ 40 cm de boues grossières et relativement solides et de déchets.
- En amont du bassin Les Sablons, se trouve une rigole de rétention-filtration qui assure une première décantation des effluents. Très peu de boues se trouvaient dans la chambre de tranquillisation du bassin Les Sablons. Elles présentaient un aspect plus fin, liquide et assez homogène pour l'ensemble du bassin.

Tableau 4 : Quantité de boues dans les bassins

Décanteur lamellaire	Ile d'Épine	Les Sablons
Hauteur de boues dans la chambre de tranquillisation	40 cm	10 cm
Volume de boues dans la chambre de tranquillisation	2,1 m ³	0,67 m ³
Hauteur de boues chambre de décantation lamellaire sous les cellules	9,5 cm	10 cm
Volume de boues sous les cellules	1,8 m ³	2,7 m ³

Les boues observées et mesurées sous les cellules sont majoritairement liées aux particules fines. Les particules les plus grosses sont en effet retenues en amont des blocs lamellaires (réseaux, fossés, chambre de tranquillisation (cf. Figure 2)).



Figure 2 : Polluants piégés dans la chambre de tranquillisation du bassin les Sablons

Le Tableau 5 exprime les flux annuels en matières en suspension pour chacun des bassins versants, à partir des volumes en boues déterminés expérimentalement et des mesures réalisées sur la siccité et la densité des boues situées dans les chambres de tranquillisation et sous les cellules lamellaires.

Tableau 5 : Détermination des flux annuels en matières en suspension sur chacun des bassins versants

Bassin	Ile d'Épine	Les Sablons
Surface du bassin versant (ha)	1,5	4,5
Volume de boues dans la chambre de tranquillisation (m ³)	2,1	0,67
Siccité des boues (%)	75,6	76
Densité moyenne des boues	1,5	1,5
Flux en matières sèches (MES) dans la chambre de tranquillisation (kg/ha/an)	794	85
Volume de boues sous les cellules (m ³)	1,8	2,7
Siccité des boues (%)	29,7	50
Densité moyenne des boues (estimée)	1,3	1,3
Flux en matières sèches (MES) sous les cellules (kg/ha/an)	232	195
Flux cumulé en matières sèches (MES) (kg/ha/an)	1026	280

La littérature (CLT12) donne une fourchette moyenne de flux annuel en MES par hectare compris entre 500 et 1200 kg/ha/an, pour des bassins versants de type routier supportant un fort trafic.

Les résultats obtenus pour le bassin des Sablons sont plus faibles que les valeurs de la littérature. La rigole de rétention-filtration en amont de ce bassin retient une partie importante des MES ; les résultats obtenus sont donc cohérents avec la bibliographie.

Les résultats obtenus pour le bassin Ile d'Épine sont en accord avec les valeurs moyennes de la littérature.

3.1.2 Analyse granulométrique des boues interceptées, bassin Ile d'Épine

Une analyse granulométrique des boues sous les structures lamellaires issues de la chambre de décantation du bassin Ile d'Épine a été réalisée par laser par un laboratoire agréé COFRAC. Les résultats sont présentés par la Figure 3, qui met en évidence la très faible taille des particules interceptées :

- 10 % des particules sont inférieures à 3,5 μm ,
- 50 % des particules sont inférieures à 19,2 μm , ce qui correspond au diamètre médian,
- 75 % des particules sont inférieures à 44,4 μm ,
- 90 % des particules sont inférieures à 98,4 μm .

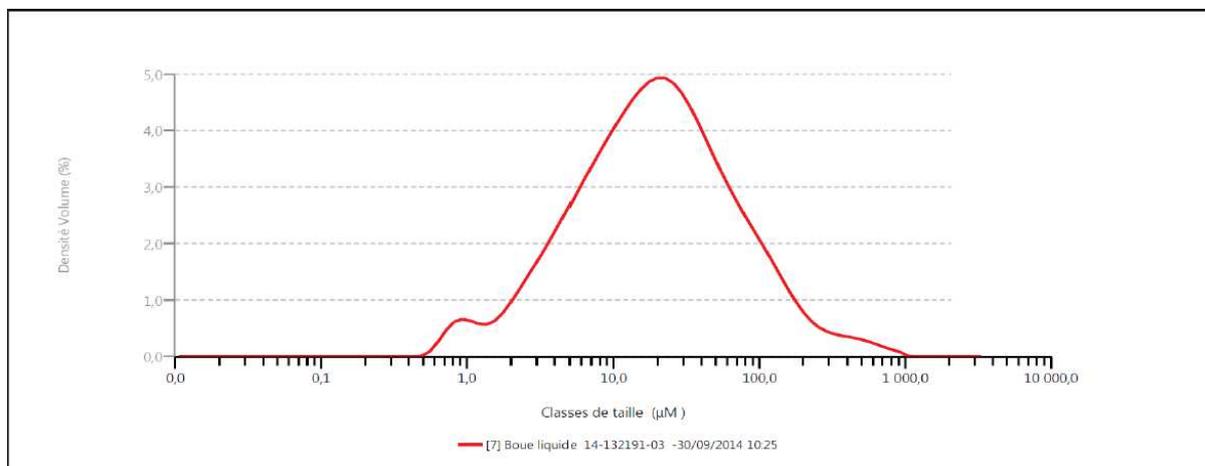


Figure 3 : Représentation graphique des particules piégées dans la chambre sous les cellules lamellaires nids d'abeilles – bassin Ile d'Épine

La présence de particules aussi fines s'explique par la rétention des plus grosses particules en amont des lamelles, dans la chambre de tranquillisation. Le piégeage des fines particules résulte de la faible charge hydraulique superficielle du décanteur lamellaire. Cette charge hydraulique est de 2,1 m/h pour le débit de traitement de 267 l/s, mais la grande majorité des pluies conduit à des débits inférieurs, et donc à des charges hydrauliques superficielles bien inférieures, garanties de très bonnes performances d'interception des matières en suspension. La hauteur sous cellules est importante, et garantit également des vitesses de passage de l'effluent entre le lit de boues et la partie inférieure des cellules sans réentraînement des boues préalablement piégées.

3.1.3 Analyses qualitatives des boues interceptées

Les boues de la chambre de tranquillisation (Ile d'Épine) et des chambres situées sous les cellules lamellaires nids d'abeilles ont également été analysées ; les résultats sont présentés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Polluants présents dans les boues des deux décanteurs lamellaires

Paramètres	Méthode d'analyses	Unités	Ile d'Epine chambre de tranquillisation	Ile d'Epine chambre de décantation lamellaire	Les Sablons chambre de décantation lamellaire
Matière sèche	ISO 11465 (A)	% mass MB	75,6	29,7	50,1
DCO (homogénéisée)	ISO 15705 (A)	mg/kg MS	230	6600	1700
Indice hydrocarbure C10-C40	EN ISO 16703 (A)	mg/kg MS	700	1600	560
Zinc	EN ISO 17294-2 (A)	mg/kg MS	490	1300	490
Cadmium	EN ISO 17294-2 (A)	mg/kg MS	<0,5	0,5	<0,5
Plomb	EN ISO 17294-2 (A)	mg/kg MS	16	65	37
Somme des HAP	ISO 18287 (A)	mg/kg MS	0,77	5,3	0,16

On constate un pourcentage de matières sèches en entrée du bassin d'Ile d'Epine plus important qu'en sortie. Cela s'explique par le fait que les particules les plus grosses décantent plus tôt dans le bassin que les particules les plus petites, présentant généralement une siccité plus faible.

On constate également une part beaucoup plus importante de polluants (DCO, hydrocarbures, métaux et HAP) retenus par kilogramme de matière sèche dans la chambre de décantation lamellaire sous les cellules que dans la chambre de tranquillisation. L'explication réside sur la fixation de ces substances sur les particules ayant les tailles les plus faibles.

Les boues issues des chambres de décantation lamellaire s'avèrent beaucoup plus polluées sur le bassin versant de l'Ile d'Epine que des Sablons, avec des concentrations en DCO et hydrocarbures 3 à 4 fois supérieures et jusqu'à 30 fois pour les HAP, sans véritable explication, sauf peut-être des apports plus importants en hydrocarbures.

3.2 Opérations d'exploitation des ouvrages

Les bassins aménagés le long de l'autoroute sont aisément accessibles avec un stationnement possible à proximité immédiate des décanteurs pour une hydrocureuse.

L'eau présente sous la surface des bassins est pompée et évacuée au milieu naturel. Les analyses réalisées démontrent la bonne qualité de ces eaux décantées (cf. Tableau 7).

Tableau 7 : Analyses des rejets en eau claire du bassin les Sablons

Paramètres	Méthode d'analyses	Unités	Eaux propres Sablons
MES	EN 872 (A)	mg/L	<5
DCO (homogénéisée)	ISO 15705 (A)	mg/L	<15
Indice hydrocarbure C10-C40	EN ISO 9377-2 (A)	mg/L	<0,05
Zinc	EN ISO 17294-2 (A)	µg/L	<50
Cadmium	EN ISO 17294-2 (A)	µg/L	<1,5
Plomb	EN ISO 17294-2 (A)	µg/L	<10
Conductivité	EN 27888 (A)	µS/cm	170
pH			7,4 à 14,5°C

Les boues sont aspirées par un camion vidangeur, puis les cellules lamellaires sont nettoyées par une lance à haute pression (cf. Figure 1 Figure 4). La durée de cette intervention par bassin est d'environ deux heures, soit environ une demie journée par bassin avec la vidange et la remise en eau claire.

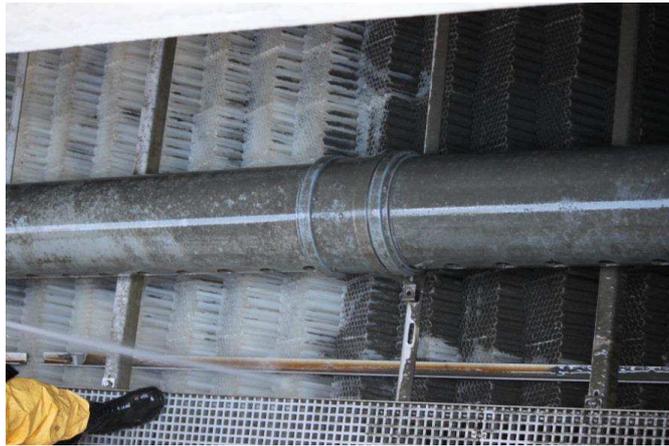


Figure 4 : Lavage des cellules lamellaires nids d'abeilles à l'aide d'une lance à haute pression : à gauche, cellules nettoyées, à droite, cellules non lavées

Les opérations d'entretien de ces ouvrages équipés en cellules lamellaires nids d'abeilles ont été réalisées dans de très bonnes conditions, avec une efficacité remarquable pour le nettoyage des alvéoles de décantation et une durée d'intervention jugée comme efficace par les acteurs présents lors de ces opérations, au regard des dimensions des ouvrages.

A noter qu'un suivi régulier de ces ouvrages, avec des inspections visuelles régulières et des mesures de hauteur de voile de boues, est la clé d'une exploitation réussie au meilleur coût, et avec des ouvrages performants.

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude de réhabilitation pour les bassins Ile d'Épine et Les Sablons a permis d'obtenir une solution sur mesure adaptée à la configuration de chaque bassin. L'équipement de ces bassins a été optimisé avec une charge hydraulique superficielle inférieure à 3 m/h.

Les bassins ont été équipés en 2012. Après 2 ans de fonctionnement, les ouvrages ont été vidangés et des prélèvements ont été réalisés.

Les analyses mettent en avant une granulométrie très faible pour le bassin Ile d'Épine ($d_{50}=19,2 \mu\text{m}$), ce qui indique une bonne efficacité du bassin de décantation aménagé en décanteur lamellaire.

L'aménagement d'ouvrages en génie civil permet de réutiliser les infrastructures déjà existantes, tout en améliorant significativement les performances de celles-ci. Le rapport coût / performance est alors optimal.

Ces travaux et le suivi réalisé nous ont permis de développer de nouveaux axes de développement, en vue de faciliter encore l'exploitation et la maintenance de ces ouvrages enterrés.

BIBLIOGRAPHIE

CLT12, *gestion et traitement des eaux pluviales*. éditions Techni.Cités