

Analyse de cycle de vie d'un dispositif de traitement des eaux pluviales par noue filtrante (projet ROULEPUR)

Life cycle assessment of a stormwater treatment system with filtration swale (ROULEPUR project)

Christelle Neaud¹, Sara Leroy¹, Tina Ratovelomanana²

¹ CEREMA – DterIDF – 12, rue Teisserenc de Bort, 78 190 Trappes-en-Yvelines

christelle.neaud@cerema.fr

sara.leroy@cerema.fr

² Département Seine-et-Marne

tina.ratovelomanana@cq77.fr

RÉSUMÉ

Le projet ROULEPUR a pour objectif d'évaluer des solutions innovantes de maîtrise à la source des flux de micro-polluants générés par les voiries et parkings urbains, dans le cadre d'une approche pluridisciplinaire. L'évaluation environnementale, et en particulier, l'Analyse de Cycle de Vie (ACV), va notamment s'intéresser à caractériser les impacts environnementaux potentiels de ces solutions innovantes. Cette communication présente les premiers résultats de l'ACV de la noue filtrante végétalisée du site de Compans, en Seine-et-Marne. La fin de vie du système est associée à un impact environnemental potentiel particulièrement important au regard de la toxicité humaine et l'écotoxicité aquatique et terrestre, dû à l'accumulation de polluants particulaires au sein du massif filtrant de la noue. Une réflexion autour des différentes filières de dépollution existantes ou en devenir des terres polluées est à mener afin de choisir la plus pertinente pour l'ouvrage considéré et ainsi minimiser au mieux l'impact environnemental potentiel du système, notamment sa fin de vie.

ABSTRACT

The aim of the ROULEPUR project is to assess innovative solutions for source control of micro-pollutants flows generated by urban runoff. Environmental assessment will focus on these innovative solutions through Life Cycle Assessments (LCAs) in order to characterize their potential environmental impacts. This paper presents the first results of the LCA of a biofiltration swale on the site of Compans, in Seine-et-Marne. The end of life of this system has a potentially significant environmental impact for human toxicity, aquatic and terrestrial ecotoxicity, due to the accumulation of particulate pollutants within the filter media. A reflection on the various existing or future soil treatment systems must be carried out in order to choose the most relevant treatment system for biofiltration swale and thus minimize the potential environmental impact of the system, especially its end of life.

MOTS CLÉS

ACV, Analyse de cycle de vie, dépollution des terres, eaux pluviales, noue filtrante

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte

Le projet **ROULEPUR** vise l'évaluation de solutions innovantes de maîtrise à la source des flux de micro-polluants générés par les voiries et parkings urbains, dans le cadre d'une approche pluridisciplinaire. Pour cela, quatre systèmes de traitement des eaux situés en milieu urbain ou péri-urbain sont évalués d'un point de vue technique et environnemental. L'évaluation environnementale va notamment permettre, grâce à l'analyse de cycle de vie (ACV), de quantifier les impacts potentiels du système sur l'environnement tout au long du cycle de vie, aussi appelé « du berceau à la tombe » [Haes et al., 2002].

Cette communication présente l'ACV d'une noue filtrante végétalisée intégrée au panel de solutions innovantes suivies dans ce projet.

1.2 Localisation et description/fonctionnement de l'ouvrage

La noue filtrante végétalisée fait partie d'un système expérimental de fossés filtrants et infiltrants situés à Compans en Seine-et-Marne, à proximité de l'aéroport Charles de Gaulle, en milieu péri-urbain lâche. Le bassin versant associé correspond à une portion de la RD 212, axe majeur assurant la liaison entre l'aéroport et la ville de Meaux, caractérisé par un fort trafic de poids lourds. La noue étudiée est une **noue** peu profonde, d'une longueur de 32 mètres, constituée d'un massif filtrant en mélange terre-sable sur une épaisseur de 50 cm et d'une largeur de 70 cm. Dans cette expérimentation, l'accotement est en bitume afin que l'ensemble des eaux de ruissellement de la voirie rejoigne le massif filtrant sans perte, ni prétraitement préalable. Le fond du massif filtrant est entièrement étanche et drainé. De plus, trois redans répartis sur toute la longueur ont été installés afin de favoriser une infiltration homogène.

2 METHODE

L'ACV est une approche internationalement reconnue et normalisée permettant d'évaluer les impacts potentiels sur l'environnement de produits et services tout au long de leur cycle de vie [Jolliet et al. 2005]. Le cadre général des ACV est défini selon des normes internationales [Normes ISO 14040-14044, 2006] et composé de 4 phases principales : 1- Objectif et champ de l'étude 2- Inventaire du cycle de vie 3- Évaluation de l'impact environnemental 4- Interprétation des résultats.

2.1 Objectif et champ de l'étude

Les principaux objectifs de l'ACV réalisée dans cette présente étude sont 1) d'identifier les impacts environnementaux liés à ce système pendant son cycle de vie 2) de définir les contributions respectives des différentes étapes du cycle de vie et 3) d'identifier des pistes d'amélioration du système dans une approche d'éco-conception de ces ouvrages.

La fonction principale analysée porte sur le traitement du ruissellement par temps de pluie généré par la RD212 situé en amont de l'ouvrage et l'unité fonctionnelle correspond au **traitement d'1 kg de MES par an**, la pollution des eaux de ruissellement routières étant principalement particulaire [Branchu, et al. 2013 ; SETRA, 2007].

Les étapes suivantes du cycle de vie sont prises en compte : la **construction** du système : excavation de la terre, réalisation des ouvrages ; l'**entretien et la maintenance** : cette étape correspond aux travaux de nettoyage des macro-déchets dans la noue ; les **émissions et rejets** vers l'eau, l'air et le sol et la **fin de vie** qui correspond au démantèlement total du système.

2.2 Inventaire du cycle de vie

Le bilan des flux entrants et sortants réalisé dans cette étude est basé sur un inventaire permettant de décrire quantitativement les flux de matières, d'énergie et de polluants qui traversent le système. Les données primaires ont été fournies par le Département de Seine-et-Marne, gestionnaire du site, concernant la phase de construction (type de matériaux, quantité, transport, travaux) et la phase de fonctionnement et de nettoyage de la noue. Les données secondaires sont issues de la base de données Ecoinvent 3. Les émissions et rejets dans l'eau et le sol sont mesurés, *in situ*, dans le cadre du suivi du site par le Cerema, l'IFSTTAR et le LEESU. Il s'agit de moyennes prises sur les années 2016 et 2017. Enfin, la phase de fin de vie du système a été modélisée sur la base d'hypothèses, le retour d'expérience sur la durée de vie et la de ce genre d'ouvrage étant encore très rare. Un comparatif entre différentes hypothèses de fin de vie a été modélisé dans le cadre de cette étude.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Présentation des résultats

La figure 1 présente les résultats de la contribution des différentes étapes du cycle de vie sur les 10 catégories d'impact « mid-point » analysées dans cette étude. La phase « fin de vie » présente un impact majoritaire sur 5 des 10 indicateurs : la toxicité humaine, l'écotoxicité des eaux douce et marine, l'écotoxicité terrestre et le changement climatique. La phase « construction » est particulièrement impactante pour les indicateurs liés à l'acidification terrestre et à l'épuisement des ressources fossiles, principalement en raison de la géomembrane présente dans le massif filtrant. La phase « émissions » impacte principalement les indicateurs liés à l'eutrophisation de l'eau douce et marine. Enfin, la phase « entretien » est peu impactante, l'entretien sur ce type d'ouvrage étant minimal.

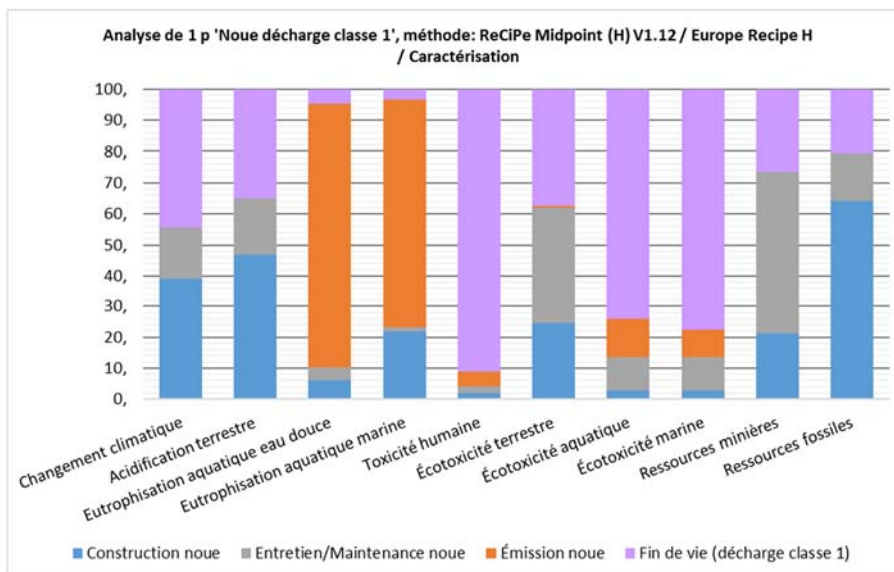


Figure 1 : contribution des étapes du cycle de vie par catégorie d'impact mid-point
(méthode : ReCiPe Midpoint (H) V1.12 / Europe Recipe H / Caractérisation – SIMAPRO 8.0.5)

La figure 2 présente les contributions des étapes du cycle de vie du système sur les 3 catégories d'impact « end-point ». Concernant la santé humaine, la fin de vie du système semble le plus impactant, concernant l'impact sur la diversité des écosystèmes, la fin de vie et la construction sont tous deux les contributeurs majoritaires et enfin, concernant la disponibilité des ressources, la phase construction domine logiquement l'impact de cette catégorie.

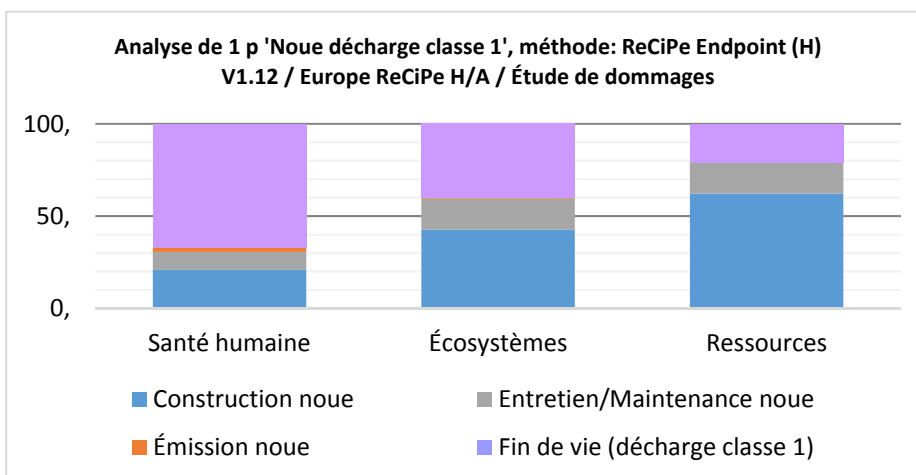


Figure 2 : contribution des étapes du cycle de vie par catégorie d'impact end-point
(méthode : ReCiPe Endpoint (H) V1.12 / Europe Recipe H / A / Étude de dommages – SIMAPRO 8.0.5)

3.2 Discussion et perspectives

En conclusion, l'ACV du système de traitement des eaux pluviales de Compans montre que la fin de vie du système représente le processus le plus impactant d'un point de vue de la toxicité humaine et de l'écotoxicité terrestre et aquatique.

En effet, l'efficacité du traitement sur les eaux est vérifiée [Flanagan, 2018], et démontre la capacité de cet ouvrage de filtration à retenir la pollution particulaire organique ou minérale, permettant ainsi un abattement de la pollution des eaux en sortie d'ouvrage. Cependant, cet abattement se fait au détriment du massif filtrant, dans lequel s'accumule, au fil des années de fonctionnement de l'ouvrage, des polluants particuliers. Ainsi, **la fin de vie du massif filtrant** apparaît comme le point capital d'une réflexion à mener sur ce type d'ouvrage afin de minimiser son impact environnemental potentiel.

Dans le cadre de cette ACV, sans réel retour d'expérience sur la fin de vie de ce type d'ouvrage et afin de ne pas sous-estimer l'impact global de l'ouvrage, nous avons pris l'hypothèse que l'ensemble du massif filtrant, constitué d'un mélange terre-sable, sera fortement pollué en fin de vie et donc envoyé en centre de stockage pour déchets dangereux.

D'autres scénarios de fin de vie existent, dans lesquels une dépollution partielle du massif filtrant peut être envisagée, afin de minimiser cette dernière étape du cycle de vie de l'ouvrage. Une dépollution par **biotertre** par exemple peut être proposée : cette méthode est très utilisée pour dépolluer des sols fortement contaminés par une pollution accidentelle. Elle consiste à confiner les terres polluées et les alimenter en nutriment et en eau afin de dégrader les polluants organiques grâce à des bactéries. Les polluants concernés sont les HAP et les Hydrocarbures totaux. Toutefois, les métaux, qui constituent une part importante de la pollution particulaire des eaux de voirie, ne sont pas biodégradés par ce type de dépollution. D'autres méthodes, en devenir ou à l'état de recherche, sont en cours de développement, comme celle par **désorption thermique** qui consiste à chauffer les terres entre 150 et 540°C, ou encore celle par **oxydation/réduction chimique**, qui consiste à minéraliser les polluants organiques contenus dans les terres en y injectant certains produits chimiques (ADEME, 2013).

Ces premiers résultats nous conduisent à proposer quelques pistes de réflexion sur une amélioration du système en matière d'impact environnemental potentiel :

- Utiliser des matériaux de construction peu impactant. [Flanagan, 2018] a montré que certains matériaux synthétiques de construction (géomembrane) peuvent être source de pollution.
- Assurer le suivi et l'entretien des systèmes installés de manière à prolonger la durée de vie des installations ; une durée de vie amenée à 30 ans permet de diminuer l'impact global du système de 30 %.
- Considérer les différentes filières de dépollution du massif filtrant afin de minimiser l'impact de fin de vie du système et envoyer en centre de stockage de déchets dangereux un minimum de terre polluée.

BIBLIOGRAPHIE

- Norme ISO 14040, Management environnemental, *Analyse du cycle de vie, Principe et cadre*, 2006.
- Norme ISO 14044, Management environnemental, *Analyse du cycle de vie, Exigences et lignes directrices*, 2006.
- ADEME. (2013). *Biotertre, désorption chimique, oxydation/réduction chimique*.
- Branchu, P., Badin, A.-L., Bechet, B., Eisenlohr, L., Le Priol, T., Marseille, F., & Trielli, E. (2013). *Pollution d'origine routière et environnement de proximité*.
- Flanagan, K. (2018). *Evaluation de la rétention et du devenir d'un panel diversifié de micropolluants dans un ouvrage de biofiltration des eaux de ruissellement de voirie*. Université Paris-Est.
- Haes, U. de und Finnveden et al. (2002). *Life-Cycle Impact Assessment: Striving Towards Best Practice*, In: Life-Cycle Impact Assessment: Striving Towards Best Practice SETAC Press ISBN 1-880611-54-6, 249 p
- Jolliet O., Saadé M., Crettaz P. (2005). *Analyse du cycle de vie - Comprendre et réaliser un écobilan*, ISBN 978-2-88074-568-4 Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 246 p.
- SETRA. (2007). *Pollution d'origine routière*. 88 pages.