

Analyse environnementale et économique du cycle de vie d'un système d'épuration des eaux usées

Par David Godin, ing. jr M. Sc.

Recherche réalisée à l'Université Laval sous la direction de M. Christian Bouchard dans le cadre d'une maîtrise en génie civil soutenue financièrement par une bourse d'études de RECYC-QUÉBEC.

Contacts : david.godin2@mddep.gouv.qc.ca; christian.bouchard@gci.ulaval.ca

Introduction

La gestion des eaux usées municipales et des boues d'épuration est un domaine très actif à l'échelle nationale. À cet égard, la stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents d'eaux usées municipales élaborée par le Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) (CCME, 2009) vise entre autres à revoir les normes de rejet des eaux usées afin qu'elles tiennent davantage compte de la sensibilité des milieux récepteurs. Ces nouvelles normes devraient mener à une production accrue de boues d'épuration aussi nommées biosolides. Ceci a incité le CCME à former un groupe de travail pour favoriser la mise en place des pratiques de gestion et de valorisation des biosolides tenant davantage compte du principe de développement durable. Dans ce contexte, le développement des connaissances en vue d'une évaluation intégrée du profil environnemental et économique des stations d'épuration des eaux usées municipales (STEPS) est nécessaire afin d'éviter un déplacement des émissions polluantes ou encore une hausse trop importante des coûts d'épuration des eaux usées et de gestion des biosolides. Ces évaluations peuvent être réalisées en mettant de l'avant les méthodologies de l'analyse de cycle de vie (ACV) et de l'analyse de cycle des coûts (ACC) environnementale qui permettent respectivement de considérer les aspects environnementaux et économiques.

Qu'est-ce que l'ACV?

L'ACV est une méthode d'évaluation des impacts environnementaux potentiels, globaux et à long terme d'un produit ou service pour l'ensemble de son cycle de vie sur la base de la fonction remplie. Parmi les impacts environnementaux potentiels considérés par l'ACV figurent entre autres : le réchauffement climatique, l'eutrophisation des milieux aquatiques et l'épuisement des ressources. L'analyse de cycle de vie est encadrée par les normes ISO (ISO, 2006) qui exigent de réaliser l'analyse selon un processus itératif en suivant les quatre étapes présentées à la figure 1.

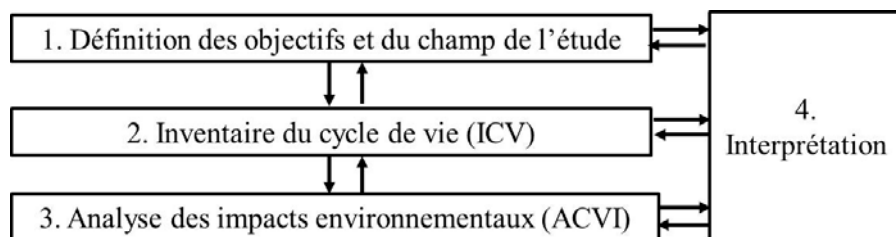


Figure 1. Étapes de réalisation d'une ACV selon les normes ISO

L'ACC environnementale est une méthode récente d'analyse de cycle des coûts qui permet l'analyse de l'aspect économique du cycle de vie d'un produit ou service étudié par une ACV en partageant le même champ et les mêmes frontières que cette dernière (Hunkeler et coll., 2008).

Les méthodologies de l'ACV et de l'ACC environnementale sont appliquées à l'étude de cas d'un système d'épuration des eaux usées (STEP) de type étangs aérés situé au Québec et desservant environ 10 000 personnes. Les étapes de la réalisation de l'ACV de la figure 1 sont présentées pour l'analyse de cette étude de cas.

1. Définition des objectifs et du champ de l'étude

Tel que mentionné précédemment, l'étude a pour objectif l'évaluation intégrée du profil environnemental et économique d'une STEP. L'ACV et l'ACC nécessitent de définir la fonction du système étudié puisque l'évaluation des impacts environnementaux et des coûts est réalisée sur la base de cette fonction. La définition de cette fonction nécessite d'analyser la gestion des eaux usées en milieu urbain. Ainsi, dans les pays développés, les habitations et autres bâtiments sont reliés à des réseaux d'égouts qui permettent la collecte et le transport des eaux usées en dehors des zones habitées pour protéger la santé humaine contre les infections causées par les pathogènes. Ces réseaux d'égouts sont reliés à une STEP dont la fonction principale est de limiter les dommages environnementaux causés par les rejets d'eaux usées. En tenant compte du concept de développement durable, il est nécessaire de considérer à la fois les impacts évités par le traitement des eaux usées plutôt que leur rejet dans le milieu récepteur sans traitement, mais également de considérer les impacts environnementaux et les coûts induits par la construction et l'opération de la STEP. L'évaluation de la fonction de la STEP dans le contexte de développement durable consiste alors à évaluer le bénéfice environnemental net (BEN) qu'elle produit pour l'environnement (Godin et coll., 2012). Ce BEN est en fait un compromis

environnemental entre les impacts induits et les impacts évités tel qu'illustré par les frontières de l'étude de la figure 2.

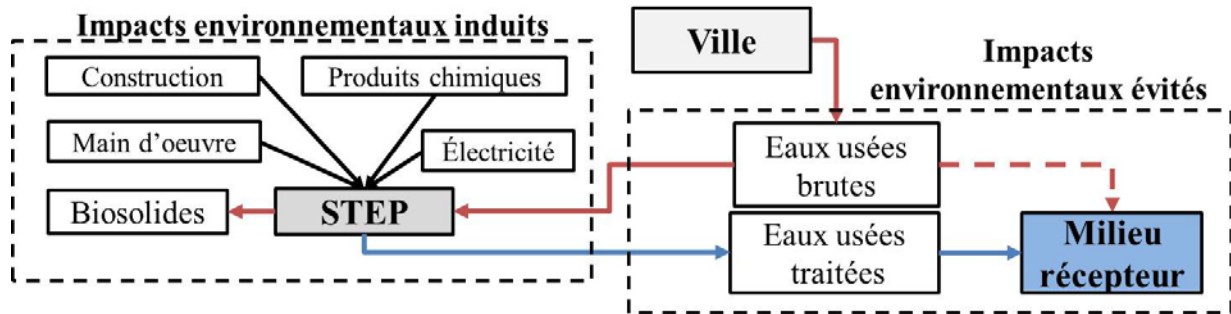


Figure 2. Frontières de l'étude selon le concept de BEN

La fonction est quantifiée par l'unité fonctionnelle (UF) qui sert de base de référence permettant de compiler l'ensemble des intrants et des émissions permettant d'évaluer les impacts évités et induits. L'UF retenue est le mètre cube (1 m^3) d'eau usée acheminé à la STEP.

2. Inventaires du cycle de vie et du cycle de coûts (ICV-ICC)

Des inventaires des charges des polluants de l'affluent et de l'effluent de la STEP sont compilés afin d'évaluer les impacts potentiels évités en considérant les charges en matières organiques, en nutriments et en métaux lourds ainsi qu'en estimant les émissions potentielles de gaz à effet de serre des rejets directs de matières organiques et d'azote dans le milieu récepteur. Les inventaires de caractérisation des impacts du cycle de vie du système incluent la phase de construction, l'opération ainsi que l'évaluation des impacts environnementaux et des coûts induits par une gestion des boues par épandage sur des terres agricoles et forestières.

3. Résultats de l'analyse de cycle de vie des impacts et des coûts (ACVI)

Les intrants, les émissions et les coûts compilés lors de l'ICV permettent d'évaluer le BEN et les coûts induits par le cycle de vie de la STEP. L'évaluation des impacts permet de constater que la STEP permet de diminuer l'eutrophisation potentielle grâce à l'utilisation d'électricité et de produits chimiques ce qui provoque par contre des impacts quant à l'épuisement des ressources. Il est également possible de constater que l'enlèvement des métaux lourds des eaux usées par la STEP provoque un transfert de ceux-ci dans les biosolides, ce qui amène un transfert de l'écotoxicité potentielle des milieux aquatiques vers les milieux terrestres. De manière générale,

la figure 3 présente la répartition relative par ordre d'importance des impacts environnementaux potentiels et des coûts du cycle de vie du système.

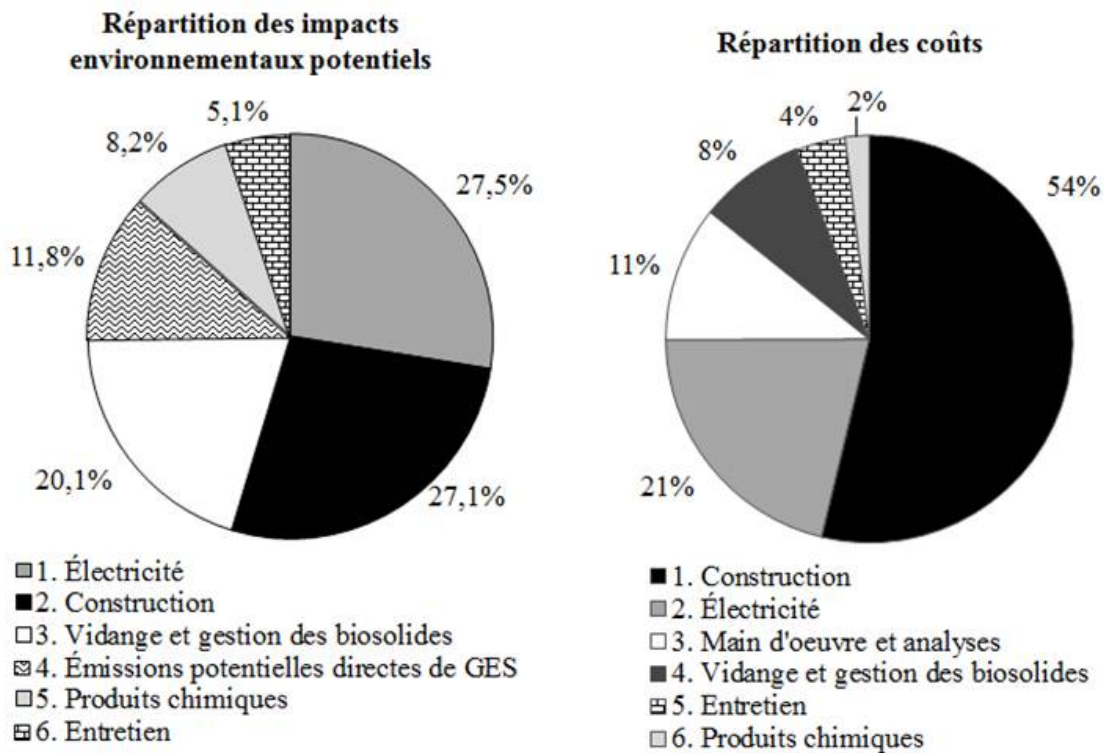


Figure 3. Répartition relative des impacts environnementaux potentiels et des coûts du cycle de vie de la STEP par m³ d'eau usée¹

La figure 3 permet de constater que, pour la STEP considérée dans l'étude, les coûts ainsi que les impacts environnementaux induits par le système sont dominés par la construction et par l'électricité nécessaire à l'opération.

Conclusions

L'étude réalisée a permis d'évaluer le BEN et les coûts associés à l'opération d'une STEP. Cela montre sur quelles phases du cycle de vie il serait prioritaire d'agir pour réduire les coûts et les impacts environnementaux nets. Cette vision intégrée du profil environnemental et économique d'une STEP permet d'évaluer le compromis environnemental qu'elle génère et permet de constater que la pollution qui est enlevée des eaux usées est transférée en partie dans les

¹ Estimation réalisée en dollars constants de 2009 en considérant un taux d'actualisation de 4,5 %.

L'estimation de la contribution relative aux impacts environnementaux potentiels est réalisée à l'aide de la méthode ReCiPe et correspond à la moyenne de 18 catégories d'impacts de la méthode.

biosolides. Cela devrait donc inciter à réduire le plus possible à la source la pollution des eaux usées municipales.

Bibliographie

CCME, (2009). *Stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents d'eaux usées municipales*. Conseil canadien des ministres de l'environnement. Whitehorse.

http://www.ccme.ca/assets/pdf/cda_wide_strategy_mwwe_final_f.pdf (Consulté le 12 mars 2012).

Godin D, Bouchard C et Vanrolleghem PA, (2012). Net environmental benefit: introducing a new LCA: approach on wastewater treatment systems. *Water Science and Technology*. **65**(9), 1624-1631.

Hunkeler D, Lichtenvort K et Rebitzer G, (2008). *Environmental life cycle costing*. SETAC, CRC Press. New York. 191 p.

ISO, (2006). *Management environnemental : analyse du cycle de vie : principes et cadre: Standardisation internationale 14040*. Organisation de standardisation internationale. Genève, Suisse. 23 p.