



Analyse de cycle de vie de séparation à la source des eaux usées dans un quartier pavillonnaire.

Mathilde Besson, Jean-Christophe Aguas, Sylvaine Berger, L. Tiruta-Barna,
Etienne Paul, M. Sperandio

► To cite this version:

Mathilde Besson, Jean-Christophe Aguas, Sylvaine Berger, L. Tiruta-Barna, Etienne Paul, et al.. Analyse de cycle de vie de séparation à la source des eaux usées dans un quartier pavillonnaire.. 100e congrès de l'Astee, ASTEE, Jun 2021, Paris, France. <hal-04931841>

HAL Id: hal-04931841

<https://hal.science/hal-04931841v1>

Submitted on 6 Feb 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

ANALYSE DE CYCLE DE VIE DE SEPARATION A LA SOURCE DES EAUX USEES DANS UN QUARTIER PAVILLONNAIRE.

BESSION^{1,2}, AGUAS², BERGER³, TIRUTA-BARNA¹, PAUL¹, SPERANDIO¹

MOTS-CLES

Assainissement, Séparation à la source, valorisation des nutriments, Analyse de cycle de vie

CHAPÔ

La séparation à la source des eaux usées est une solution pour augmenter la circularité des ressources contenues dans les eaux usées. La mise en place de telles filières est analysée sur un cas d'étude pour un quartier d'habitat pavillonnaire par une analyse de cycle de vie. Cette communication s'inscrit dans le projet DESIGN financé par l'Agence Nationale de la Recherche de 2018 à 2021.

CONTEXTE

Actuellement, la mise en place d'une gestion circulaire des eaux usées est confrontée à une double contrainte : la dilution des eaux usées et la difficulté à réformer les procédés existants dans les stations d'épuration. La séparation à la source peut permettre de dépasser cette double contrainte. En cessant de mélanger, on conserve la composition spécifique de chaque flux (les urines, les eaux des toilettes et les eaux grises) et ce faisant on peut mettre en place des valorisations différenciés sur des flux plus concentrés. Néanmoins les changements nécessaires au sein des villes sont conséquents. Pour être mieux appréhendés et faciliter les décisions futures, un outil a été développé pour évaluer du point de vue environnemental et économique les solutions possibles. Cette étude s'est focalisée sur un quartier pavillonnaire avec un habitat peu dense et diffus de Nîmes déjà construit qui est caractérisé par une majorité de logement individuel.

METHODOLOGIE

Description de l'outil

L'outil mis en œuvre dans cette étude a été développé dans des travaux précédents. Il permet (1) la quantification des flux selon le type de séparation à la source (urine, eaux des toilettes dites eaux noires, eaux grises) ainsi que l'usage des bâtiments (logements ou bureaux) ; (2) le dimensionnement de la collecte selon la topographie du site ; (3) le dimensionnement des traitements sur le quartier ; (4) l'impact opérationnel sur la station d'épuration par une simulation dédiée ; (5) l'analyse de cycle de vie grâce aux résultats de bilan matière et énergie des étapes précédentes.

Description du cas d'étude et des scénarios

Le quartier de Roches Blanches à Nîmes se situe au Nord-Ouest de la ville en bordure de garrigue. Sur 10 ha, 21 200 m² de logements seront construits avec une majorité de maisons individuelles. Le groupement des Cistes est caractérisé par des maisons individuelles groupées (57 logements) tandis que les Garrics est un groupement de petits collectifs (124 logements). En prenant en compte la typologie de logement, environ 608 personnes vivront à terme dans le quartier pour une production de 62 m³/jour d'eaux usées et 372 équivalents habitants.

La gestion conventionnelle des eaux usées se fait dans la station d'épuration de Nîmes Ouest d'une capacité de 220 000EH avec une décantation primaire, un traitement biologique par aération prolongée et élimination biologique du phosphore et nitrification puis dénitrification de l'azote. Les boues seront traitées par une digestion anaérobie avec à terme avec une injection du biogaz dans le réseau. Le rejet de la station a lieu dans une zone sensible azote et phosphore avec une norme de rejet à 0,5 mgP-PO₄/L, 10 mgN/ d'azote total et 1 mgN-NH₄/L.

¹ TBI, Université de Toulouse, CNRS, INRAE, INSA, Toulouse, France

² Le Sommer Environnement

³ SOLAGRO

Quatre scénarios de séparation à la source ont été étudiés : (1) U-CENT : les urines sont séparées et collectées dans des cuves en pied de bâtiments puis vidangées par camion et traitées sur la station d'épuration centralisée ; (2) U-DECENT : les urines sont traitées dans le quartier ; (3) EN : les eaux noires sont séparées par des toilettes sous vides et collectées par un réseau sous vide puis traitées sur le quartier, les eaux grises sont envoyées à la station d'épuration ; (4) EN-EG : les eaux grises sont cette fois-ci traitées dans le quartier. Les traitements mis en œuvre pour la récupération du phosphore consistent en une précipitation sous forme de struvite, une extraction de l'azote par un système chimio-sorption transmembranaire (TMCS). Les eaux noires sont traitées en amont par une digestion anaérobie et les eaux grises dans le scénario EN-EG sont traitées par un bioréacteur à membrane.

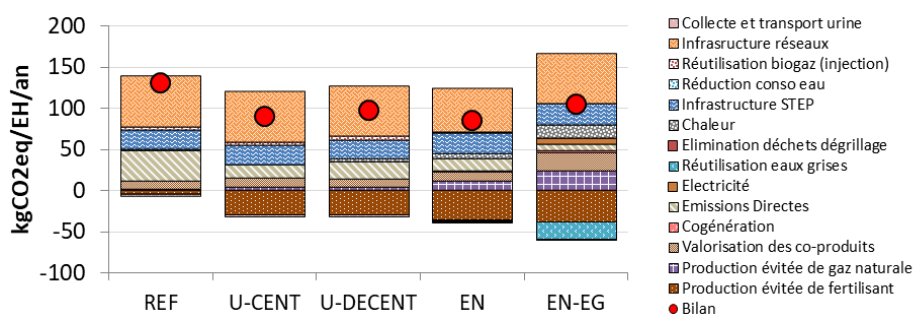
Analyse de cycle de vie

L'analyse de cycle de vie a pour objectif de comparer plusieurs solutions d'assainissement sur le quartier de Roches Blanches exprimés par EH traités sur le quartier sur une durée d'un an. Les frontières de l'étude comprennent les infrastructures de la station et des réseaux, le fonctionnement de la station de traitement centralisée et décentralisée, et la valorisation des boues et engrais produits. Les émissions directes de N₂O dans l'air liées au traitement biologique de l'azote ont été estimées à 1.6% du N entrant (IPCC 2019⁴).

RESULTATS

La séparation à la source permet d'augmenter significativement les flux récupérés de nutriments passant, pour l'azote, de 12% dans les boues à 44% à 57% dans des fertilisants et pour le phosphore, de 92% dans les boues à 24% à 38% dans la struvite. La récupération du phosphore est déjà très élevée dans les boues dans le scénario de référence, cependant un ajout de fer est réalisé pour atteindre les normes de rejet. Ainsi le phosphore des boues est moins accessible pour les plantes que dans le cas de la struvite. Enfin, la séparation à la source des eaux noires et leur digestion augmente peu la récupération de la matière organique puisque l'on passe de 33% de la DCO dans le biogaz à 36% dans le scénario EN-EG.

L'analyse par la méthode ReCiPe Endpoint de l'ACV a permis d'identifier des contributions comparables des principaux impacts aux dommages potentiels sur les trois aires de protection (santé humaine 42%, qualité des écosystèmes 34% et ressources 24%). Les phases liées à la construction des infrastructures de la station et des réseaux sont les principaux contributeurs à hauteur respectivement de 55% et 38% des impacts. La construction des réseaux est fortement impactante dans les projets pavillonnaires car elle nécessite la mise en place de 5 km de conduites pour seulement 372 EH. Les catégories d'impact majoritaires sont ainsi l'utilisation des terres urbaines, la déplétion des ressources métalliques et le changement climatique.



L'analyse des impacts sur le changement climatique montre aussi une prédominance des phases de construction et notamment du réseau. Cependant le fonctionnement du système de traitement explique 36 % de l'impact sur le changement climatique (scénario REF) dont 80% est lié aux émissions de protoxyde d'azote dans l'air pendant le traitement biologique de l'azote. Les scénarios de séparation à la source permettent de diminuer de plus de 40% grâce à la séparation de l'azote contenu dans les excréta humains. Malgré l'importance de la contribution de l'infrastructure de collecte, les bénéfices de la séparation à la source sont compris entre 20% et 35%.

Ainsi, la séparation à la source dans les quartiers pavillonnaires présente un intérêt pour augmenter la circularité des nutriments avec un impact environnemental équivalent à la situation actuelle voire meilleur. Cependant une réflexion sur la diminution des besoins de construction des réseaux doit être menée pour réellement diminuer les impacts de l'assainissement sur l'environnement et donc trouver un optimum entre un assainissement non collectif et collectif.

⁴ IPCC, 2019. Wastewater treatment and discharge, in: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC, Switzerland.