

Programmation 2016 – ACV du système d'assainissement - Action 52



Inventaires du cycle de vie de filiales de traitement des eaux usées en assainissement non collectif

Statut du document : Rapport préliminaire

**Laureline Catel, Catherine Boutin, Vivien Dubois,
Philippe Roux**

Mai 2017

- **AUTEURS**

Laureline CATEL (1), ingénieur, laureline.catel@irstea.fr

Catherine BOUTIN (2), ingénieur, catherine.boutin@irstea.fr

Vivien DUBOIS (2), ingénieur, vivien.dubois@irstea.fr

Philippe ROUX (1), ingénieur, philippe.roux@irstea.fr

(1) Irstea - Centre de Montpellier, UMR ITAP, pôle ELSA, 361 rue J-F Breton, 34196 Montpellier

(2) Irstea - Centre de Lyon-Villeurbanne, UMR MALY, 5 rue de la Doua, 69616 Villeurbanne

- **CORRESPONDANTS**

ONEMA :

Claire Leval, claire.leva@onema.fr

Irstea :



Philippe Roux, Irstea Montpellier, UMR ITAP, pôle ELSA, philippe.roux@irstea.fr

Droits d'usage : confidentiel

Niveau géographique : national

Couverture géographique : France

Niveau de lecture : ONEMA, Irstea

	<p>Titre</p> <p>Statut du rapport</p> <p>Auteurs</p>	
---	---	---

MODELES ACV - FILIERES DE TRAITEMENT DES EAUX USEES EN ASSAINISSEMENT NON COLLECTIF

- **RESUME**



Inventaires du cycle de vie des deux principales filières d'assainissement collectif en France :

- Fosse toutes eaux + filtre à sable vertical drainé
- Filtre planté vertical + filtre planté horizontal

Ces inventaires comprennent la construction des installations, leur fonctionnement et leur démantèlement en fin de vie. Une attention particulière a été portée aux bilans de matière au sein des installations (azote, phosphore, carbone, micropolluants).

- **MOTS CLES (THEMATIQUE ET GEOGRAPHIQUE)**

Analyse du cycle de vie, assainissement non collectif, France, inventaire, bilan matière

	<p>Titre</p> <p>Statut du rapport</p> <p>Auteurs</p>	
---	---	---

LCA MODEL : NON-COLLECTIVE SANITATION SYSTEMS FOR WASTEWATER TREATMENT

- **ABSTRACT**

Life cycle inventories for the two main decentralized wastewater treatment systems in France :

- Septic tank + soil infiltration system (sand)
- Vertical reed bed filter + horizontal vegetal filter

These inventories include the construction phase, the operating phase and the dismantling phase. Special attention was paid to the mass balances within systems (ammonia, phosphorus, carbon, micropollutants).

- **KEY WORDS (THEMATIC AND GEOGRAPHICAL AREA)**

Life cycle assessment, decentralized wastewater treatment, France, inventory, mass balance

• **SOMMAIRE**

Sigles & Abréviations	6
Table des illustrations	7
1. Introduction	8
2. Objectifs et champ de l'étude	9
2.1. Objectif de l'étude	9
2.2. Unité fonctionnelle	9
2.3. Frontières des systèmes étudiés	10
3. Description et dimensionnement des filières modélisées	12
3.1. Composition des eaux usées domestiques	12
3.2. Fosse toutes eaux + Filtre à sable vertical drainé	14
3.2.1. Principe de fonctionnement	14
3.2.2. Dimensionnement	14
3.2.3. Gestion des matières de vidange	18
3.2.3.1. Production et caractérisation des matières de vidange	18
3.2.3.2. Vidange de la fosse et transport des matières de vidange	19
3.2.3.3. Fin de vie des matières de vidange	20
3.2.4. Réalisation du bilan de matière à l'échelle de l'installation	25
3.2.4.1. Données de base.....	25
3.2.4.2. Equilibrage du bilan	27
3.3. Filtre planté vertical + Filtre planté horizontal	29
3.3.1. Principe de fonctionnement	29
3.3.2. Dimensionnement	30
3.3.3. Gestion des boues	31
3.3.3.1. Production et curage des boues	31
3.3.3.2. Fin de vie des boues.....	31
3.3.4. Réalisation du bilan de matière à l'échelle de l'installation	32
3.3.4.1. Données de base.....	32
3.3.4.2. Equilibrage du bilan	32
4. Inventaires du cycle de vie des filières	Erreur ! Le signet n'est pas défini.
4.1. Fosse toutes eaux + Filtre à sable vertical drainé	Erreur ! Le signet n'est pas défini.
4.2. Filtre planté vertical + Filtre planté horizontal	Erreur ! Le signet n'est pas défini.
5. Evaluation des impacts environnementaux	Erreur ! Le signet n'est pas défini.
5.1. Fosse toutes eaux + Filtre à sable vertical drainé	Erreur ! Le signet n'est pas défini.
5.2. Filtre planté vertical + Filtre planté horizontal	Erreur ! Le signet n'est pas défini.
6. Comparaison de scénarios : assainissement collectif versus ANCE	Erreur ! Le signet n'est pas défini.
7. Conclusion	34
8. Références	35
9. Annexes	36

Sigles & Abréviations

ACV : Analyse du cycle de vie

ANC : Assainissement non collectif

EH : Equivalent-habitant

FTE : Fosse toutes eaux

GES : Gaz à effet de serre

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (GIEC en français)

MV : Matières de vidange

SPANC : Service public d'assainissement non collectif

STEP : Station d'épuration

UF : Unité fonctionnelle

U.S. EPA : United State Environmental Protection Agency

Table des illustrations

• Figures

Figure 1. Structuration de l'ANC	8
Figure 2. Périmètre du système étudié : fosse toutes eaux + filtre à sable vertical drainé	10
Figure 3. Périmètre du système étudié : filtre planté vertical + filtre planté horizontal	11
Figure 4. Schéma d'une filière d'ANC traditionnelle. Source : Ooreka.fr.....	14
Figure 5. Schéma d'une fosse toutes eaux. Source : ccdraga.fr.....	15
Figure 6. Caractéristique de la fosse toutes eaux en PEHD modélisée. Source : manomano.fr	16
Figure 7. Ventilation d'une fosse toutes eaux. Source : Ministère de l'environnement, 2016	16
Figure 8. Schéma d'un filtre à sable vertical drainé. Source : calvados.fr.....	17
Figure 9. Evolution des flux dans les matières de vidange extraites des fosses toutes eaux en fonction de la durée de stockage. Source : (Liénard et al. 2008)	19
Figure 10. Schéma d'une unité de réception des matières de vidange. Source : (Canler 2009)	20
Figure 11. Traitement des matières de vidange en station d'épuration en fonction de leur apport en DCO. Source : (Canler 2009)	24
Figure 12. Schéma de la filière d'ANC agréée « filtre planté vertical + filtre planté horizontal ». Source : aquatiris.fr.....	29
Figure 13. Masse d'un groupe électropompe en fonction de son débit maximum (débits de 1000 à 25000 m ³ /h).....	36
Figure 14. Masse d'un groupe électropompe en fonction de son débit maximum (débits de 5 à 600 m ³ /h)	36

• Tableaux

Tableau 1. Composition moyenne des eaux usées domestiques	12
Tableau 2. Concentrations des micropolluants dans les eaux usées domestiques (uniquement substances présentes dans ACV4E). Cases grisées : valeurs retenues pour les filières d'ANC.....	13
Tableau 3. Composition moyenne des matières de vidange de fosses toutes eaux. Source : (Liénard et al. 2008)	19
Tableau 4. Calcul des volumes de matières de vidange à gérer dans la station d'épuration	22
Tableau 5. Apports de polluants des matières de vidange	22
Tableau 6. Rendements épuratoires pour une filière fosse toutes eaux + filtre à sable. Valeurs en rouge : données brutes. Valeurs en noir : données calculées.....	25
Tableau 7. Charges polluantes transférées dans les matières de vidange. Valeurs en rouge : données brutes. Valeurs en noir : données calculées	26
Tableau 8. Emissions de GES pour une filière fosse toutes eaux + massif filtrant. Valeurs en rouge : valeurs retenues pour le bilan de matière	26
Tableau 9. Rendements épuratoires pour une filière filtre vertical + filtre horizontal. Valeurs en rouge : données brutes.....	32
Tableau 10. Bilan matière pour un filtre planté vertical + horizontal en assainissement collectif.....	33

1. Introduction

Jusqu'à présent les travaux réalisés dans le cadre de l'action « ACV du système d'assainissement » ont permis de modéliser et de comparer les impacts de différentes technologies de traitement ainsi que de systèmes d'assainissement complets plus ou moins centralisés, tout en restant dans le domaine de l'assainissement collectif. Afin de compléter l'étude des systèmes d'assainissement par l'ACV, il est nécessaire de modéliser des filières d'assainissement non collectif (ANC) qui représentent les systèmes les plus décentralisés possibles, dans le but de pouvoir ensuite les comparer à des systèmes centralisés.

En France, les installations d'ANC sont mises en place pour les habitations qui ne sont pas raccordées à un réseau public de collecte des eaux usées, leur permettant ainsi de traiter individuellement leurs eaux usées domestiques. Les SPANC (Services Publics d'Assainissement Non Collectif) sont chargés de l'accompagnement des particuliers dans la mise en place de leur installation, du suivi et du contrôle des installations d'ANC.

On dénombre au 11 octobre 2016 pas moins de 106 filières d'ANC réglementaires, réparties entre 4 filières dites « traditionnelles » et 102 filières dites « agréées » (par publication au Journal Officiel). La Figure 1 montre comment sont structurées ces filières.

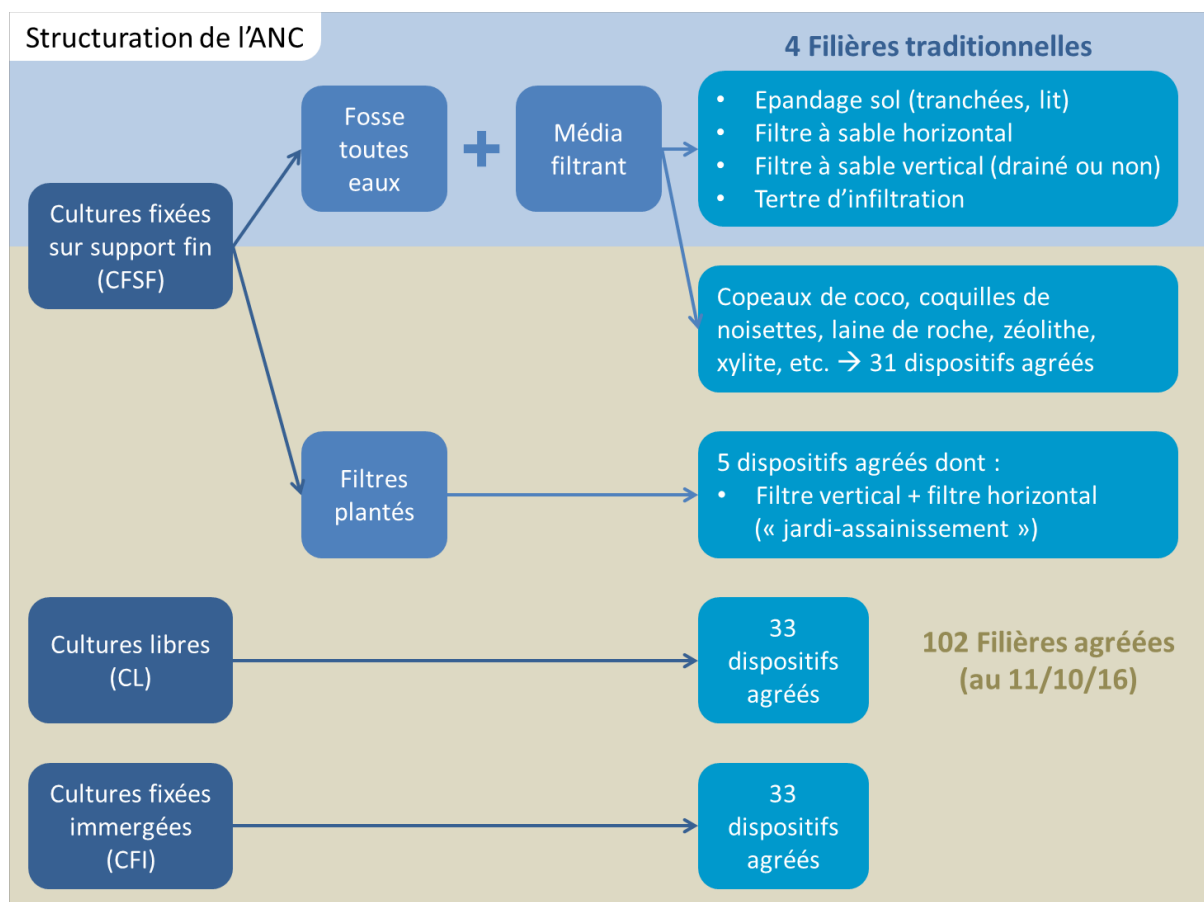


Figure 1. Structuration des filières d'ANC

Dans le cadre de l'action ONEMA, seules deux filières, les plus représentatives de l'ANC en France, seront modélisées :

- Fosse toutes eaux + Filtre à sable vertical drainé (filière traditionnelle)
- Filtre planté vertical + Filtre planté horizontal (filière agréée, dénommée « jardi-assainissement »)

Ce choix est lié au fort développement des filtres à sable en France et ce, de longue date. Le choix d'une filière agréée était plus complexe car il fallait disposer de suffisamment d'éléments techniques pour réaliser un bilan matière de qualité. Du fait des connaissances d'Irstea dans le domaine des filtres plantés de roseaux, c'est cette filière (traitant des eaux usées brutes) qui a été retenue.

Ce rapport détaille le déroulement de l'ACV pour ces deux filières : définition des objectifs et du champ de l'étude, inventaires du cycle de vie et évaluation des impacts environnementaux. Une première comparaison des impacts de deux scénarios, un en assainissement collectif et un en ANC, sera également réalisée.

2. Objectifs et champ de l'étude

2.1. Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est de réaliser l'ACV des deux filières d'ANC suivantes :

- Fosse toutes eaux + Filtre à sable vertical drainé (filière traditionnelle)
- Filtre planté vertical + Filtre planté horizontal (filière agréée))

Les impacts environnementaux de ces deux filières seront analysés et comparés, et une première comparaison avec un système centralisé sera réalisée.

Une fois les résultats validés, ces ACV permettront d'enrichir la base de données du logiciel ACV4E et donc d'augmenter ses possibilités d'utilisation, d'autant plus pour de petites collectivités où l'ANC est très présent.

2.2. Unité fonctionnelle

D'après la norme ISO 14040, l'unité fonctionnelle (UF) est une quantification de la (ou des) fonction(s) du système. L'objectif premier d'une unité fonctionnelle est de fournir une référence par rapport à laquelle les intrants et les extrants sont normalisés (au sens mathématique). Cette référence est nécessaire pour assurer la comparaison des résultats d'ACV.

La fonction des systèmes étudiés (filières d'ANC) est de traiter les eaux usées domestiques afin d'éviter la pollution des milieux récepteurs et les risques sanitaires.

Afin d'assurer la cohérence avec les précédentes études sur les technologies d'assainissement collectif, l'unité fonctionnelle retenue est le **traitement des effluents d'un équivalent-habitant (EH) par jour**.

Un EH correspond à une pollution de 60 gDBO₅/j (directive européenne du 21 mai 1991). Cette unité de mesure est utilisée pour définir la capacité nominale d'une station d'épuration, c'est-à-dire la charge polluante maximale des eaux usées à traiter pour laquelle les installations sont conçues pour être en conformité avec le niveau de rejet requis (norme NF EN 1085, 2007).

2.3. Frontières des systèmes étudiés

Les Figure 2 et Figure 3 montrent les périmètres pris en compte dans cette étude pour les deux filières d'ANC. La frontière est bien celle du traitement des eaux usées avec le réseau de collecte. L'ACV n'intègre pas l'ouvrage complémentaire permettant l'infiltration des eaux usées traitées (imposé par la réglementation sauf argumentaire technique étayé). Cela est notamment dû au fait que les mesures de flux de polluants à travers cet ouvrage sont difficiles.

Concernant les filtres plantés, le compostage sur place des végétaux fauchés ne sera pas pris en compte¹, tout comme les engrais évités (production, épandage et émissions évités) dans le cas de l'épandage des boues².

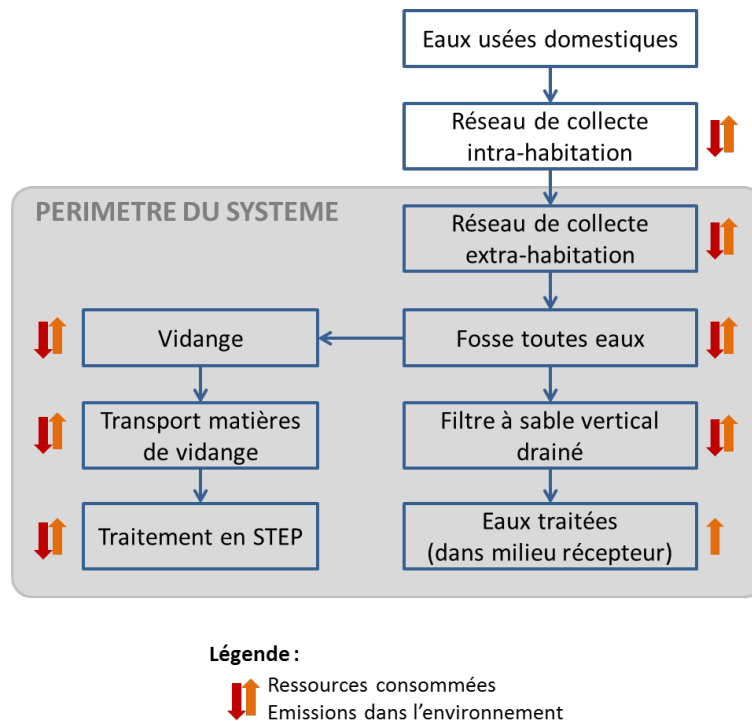


Figure 2. Périmètre du système étudié : fosse toutes eaux + filtre à sable vertical drainé

¹ La fin de vie des macrophytes n'est pas non plus prise en compte dans les modèles de filtres plantés collectifs réalisés antérieurement dans le cadre de cette action.

² Les impacts évités liés à l'épandage des boues d'épuration ne sont pas encore pris en compte dans le logiciel ACV4E. Cette amélioration est prévue et le cahier des charges est rédigé.

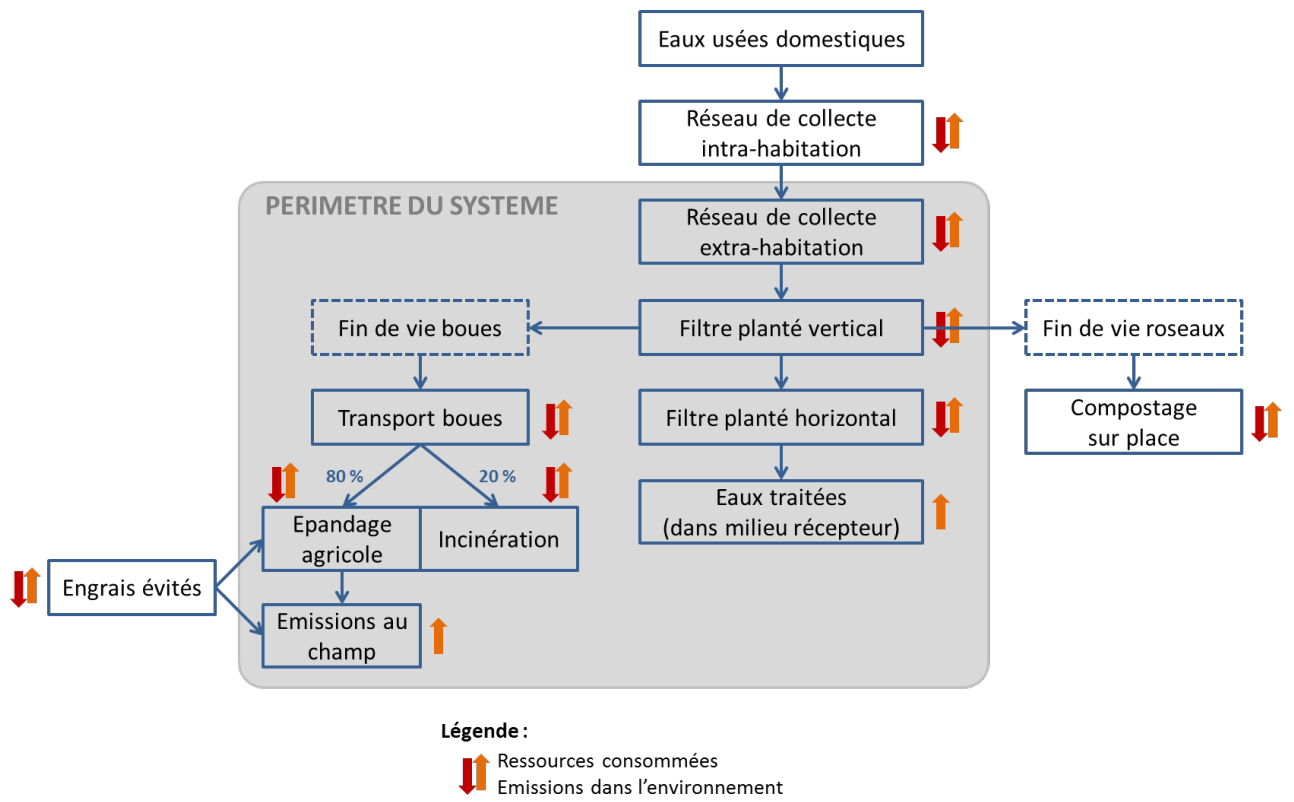


Figure 3. Périmètre du système étudié : filtre planté vertical + filtre planté horizontal

3. Description et dimensionnement des filières modélisées

3.1. Composition des eaux usées domestiques

Le Tableau 1 montre la composition moyenne des eaux usées domestiques selon plusieurs sources. Les ordres de grandeur des charges journalières par habitant sont très comparables, que les eaux usées soient considérées à l'échelle de l'habitation ou à l'échelle de la collectivité (rurale). En revanche le volume d'eau usée produit est plus faible à l'échelle de l'habitation, de l'ordre de 80 L/hab au lieu de 150 L/hab (Cauchi & Vignoles 2012).

Tableau 1. Composition moyenne des eaux usées domestiques

Paramètres	(Boutin et al. 2011)			(Mercoiret 2010)			(Eme & Boutin 2015)		
	Collectivité rurale			Collectivité < 2000 EH			Habitation		
	g/m3	g/j/hab	L/hab/j	g/m3	g/j/hab	L/hab/j (calculé)	g/m3	g/j/hab	L/hab/j
MES			150	288,1	72,0	250		65,0	
DBO5	333,0	50,0		265,0	60,0	226		63,0	
DCO	800,0	120,0		645,7	157,2	243		120,0	
Ctot	300,0	45,0							
N-NH4	50,0	7,5		54,9	11,5	209		8,4	
Norg	16,7	2,5							
NK	66,7	10,0		67,3	15,5	230			
N-NO2	0,0	0,0							
N-NO3	0,0	0,0							
Ntot	66,7	10,0		72,6				10,5	
P-PO4	10,7	1,6					1,7		
Ppart	2,7	0,4							
Ptot	13,3	2,0	9,4	2,1	223		2,1		

Cas des métaux lourds :

D'après (Eme & Boutin 2015), les eaux usées domestiques à la sortie de l'habitation contiennent un total de **29 mg de métaux lourds** par personne et par jour, contre 321 mg par personne et par jour à l'entrée d'une station d'épuration d'assainissement collectif (Coquery et al. 2011). Cela s'explique en partie par le fait que le nombre de polluants qui ont été mesurés à la sortie de l'habitation est plus faible qu'en entrée de station d'épuration (Tableau 2). Mais aussi car en assainissement collectif les eaux usées industrielles, agricoles et pluviales s'ajoutent aux eaux usées domestiques. A l'échelle de l'habitation, les principales sources de métaux lourds sont les matériaux des canalisations et le fond géochimique de l'eau de distribution (Eme & Boutin 2015).

Tableau 2. Concentrations des micropolluants dans les eaux usées domestiques (uniquement substances présentes dans ACV4E). Cases grisées : valeurs retenues pour les filières d'ANC

		(Coquery et al. 2011)	(Eme & Boutin 2015)
Echelle -->		Eaux usées rurales	Eaux usées domestiques
Catégorie	Substance	g/j/hab	g/j/hab
Métaux (ACV4E)	Cadmium	2,9E-05	3,5E-05
	Mercure	9,1E-04	1,4E-05
	Nickel	6,9E-04	1,0E-03
	Plomb	1,2E-03	7,3E-04
	Cobalt	1,6E-04	-
	Arsenic	6,3E-04	-
	Molybdène	4,4E-04	-
	Zinc	2,2E-02	1,9E-02
	Baryum	6,3E-03	-
	Cuivre	8,2E-03	7,5E-03
	Chrome	4,5E-04	8,0E-04
Vanadium	2,5E-04	-	
Substances organiques (ACV4E)	Dichlorométhane	2,9E-05	-
	Simazine	6,7E-06	-
	2,4-dichlorophénol	3,4E-05	-

En théorie, des systèmes n'ayant pas les mêmes eaux usées en entrée ne sont pas comparables car ne fournissent pas le même service de traitement. La comparaison des systèmes d'assainissement collectifs et non collectifs peut donc être remise en question (surtout pour les micropolluants). Afin de déterminer si, en pratique, cette différence d'eaux usées est significative ou non dans les résultats d'ACV, nous étudierons deux options :

- **Option 1** - concentrations de polluants dans les eaux usées individuelles identiques aux concentrations dans les eaux usées collectives : utilisation des données de (Boutin et al. 2011) et de (Coquery et al. 2011).
- **Option 2** - concentrations de polluants dans les eaux usées individuelles issues de (Eme & Boutin 2015) et valeurs manquantes complétées par celles de (Boutin et al. 2011) et de (Coquery et al. 2011).

Remarque : L'utilisation des données de (Coquery et al. 2011) pour l'option 2 sera faite sous réserve que les substances sont potentiellement émises à l'échelle de l'habitation :

- Cobalt, arsenic, molybdène, barium, vanadium : à déterminer
- La simazine est un herbicide potentiellement utilisé dans les jardins, qui peut ensuite se retrouver dans les eaux usées lors du lavage des mains, des gants, des vêtements, etc.
- Le dichlorométhane est utilisé dans des produits dégraissants et décapants.
- Le 1,4-dichlorophénol est utilisé dans certains produits désinfectants et potentiellement formé dans les eaux usées si les eaux de distribution sont chlorées.

3.2. Fosse toutes eaux + Filtre à sable vertical drainé

3.2.1. Principe de fonctionnement

Toutes les eaux usées domestiques (eaux vannes³ et eaux ménagères⁴) sont collectées dans la fosse toutes eaux (FTE). Au cours du temps les matières organiques décantables sont transformées biologiquement par des processus anaérobies (liquéfaction, acidogénèse, méthanogénèse). Ces processus sont plus lents que la décantation des matières donc une couche s'accumule au fond de la fosse. Des graisses s'accumulent également à la surface. La fraction liquide, appauvrie en matière organique décantable mais toujours riche en polluants, est évacuée par un trop plein vers le filtre à sable sur lequel elle est répartie. L'écoulement vertical des eaux à travers le sable permet leur épuration par les micro-organismes qui se développent dans le massif de sable. Les eaux traitées sont ensuite collectées par des drains et évacuées vers un exutoire (fossé, cours d'eau, etc.).

Lorsque les dépôts (ou boues) dans la FTE atteignent la moitié de la hauteur utile de la fosse (tous les 4 ans environ), il faut la vidanger afin d'éviter que ces dépôts fuitent dans le filtre à sable et le colmatent. Tout le contenu de la fosse est vidangé (boues, graisses, liquide) et forme ce que l'on appelle les « matières de vidange ». Généralement les matières de vidange sont traitées dans une station d'épuration aménagée à cet effet.

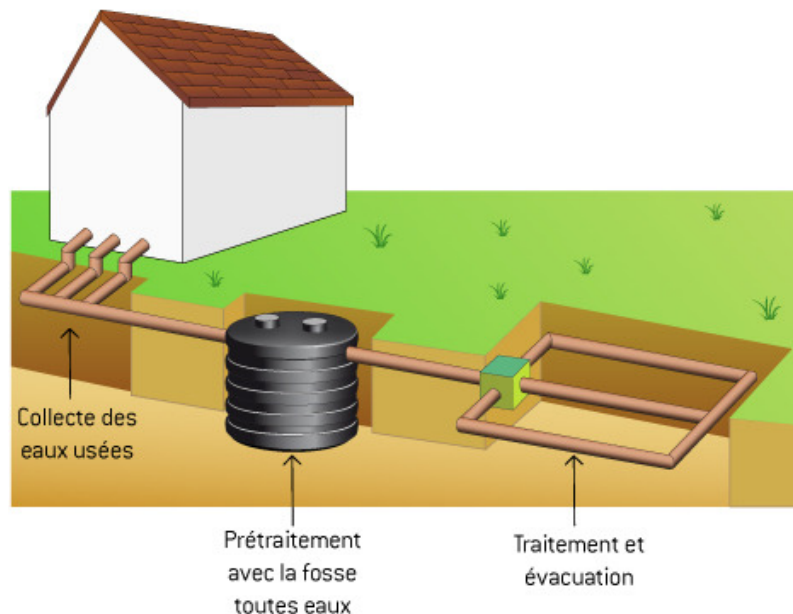


Figure 4. Schéma d'une filière d'ANC traditionnelle. Source : Ooreka.fr

3.2.2. Dimensionnement

La filière de traitement sera dimensionnée pour une habitation de 5 habitants. On considère une installation où l'écoulement des eaux s'effectue gravitairement. Il n'y a donc aucune consommation d'énergie.

³ Eaux des toilettes

⁴ Eaux des éviers, lavabos, douches, lave-linges, lave-vaisselles

➤ Fosse toutes eaux

La fosse doit être le plus près possible de l'habitation afin d'éviter les risques de gel dans la canalisation d'entrée. Si la fosse se trouve à plus de 10 m de l'habitation alors un bac dégraisseur (rétention des matières solides, graisses et huiles) doit être installé en amont de la fosse (arrêté du 7 septembre 2009).

En France le volume recommandé d'une FTE est de 3 m³ pour 5 habitants puis 0,5 m³ par habitant supplémentaire (Canler 2009).

La fosse doit être pourvue d'une entrée et d'une sortie d'air (Figure 7), situées en hauteur de sorte à assurer l'évacuation des odeurs, d'un diamètre d'au moins 100 millimètres (arrêté du 7 septembre 2009).

Dans le présent modèle nous retiendrons les paramètres suivants :

- 5 m de canalisation en PVC (DN 110 mm) entre l'habitation et la FTE (pas de bac dégraisseur)
- Fosse de 3 m³ (volume utile) déclinée en deux sous-modèles selon le matériau :
 - béton : modélisation du modèle Gamma 3 m³ format moyen de la marque BONNA SABLE, masse : 1600 kg (http://www.ciffreobona.fr/catalogue/details-travaux_publics-fosse_beton_gamma%C2%AE_prefiltre_bonna_sabla-10595.html)
 - PEHD : modélisation du modèle EPURBLOC 3000 R de la marque SOTRALENTZ, voir Figure 6 (<https://www.manomano.fr/fosse-septique-plastique/fosse-toutes-eaux-polyethylene-renforcee-filet-filtrant-3000-1031528>)
- Préfiltre intégré à la fosse (pour retenir les éventuelles particules et éviter le colmatage du filtre à sable), constitué de 40 kg de pouzzolane (ooreka.fr). La pouzzolane doit être remplacée environ tous les 8 ans, donc compter 120 kg de pouzzolane pour une durée de vie de 20 ans.
- Le système de ventilation de la fosse est assimilé à un linéaire total de 20 m de canalisations en PVC (DN 100 mm)
- La fosse repose sur 10 cm de sable et le remblayage latéral est constitué d'une couche de 20 cm de sable également (Mon-assainissement.fr), soit 2,7 m³ de sable
- Dimensions de la fouille : 1,54 x 3,1 x 1,59 m

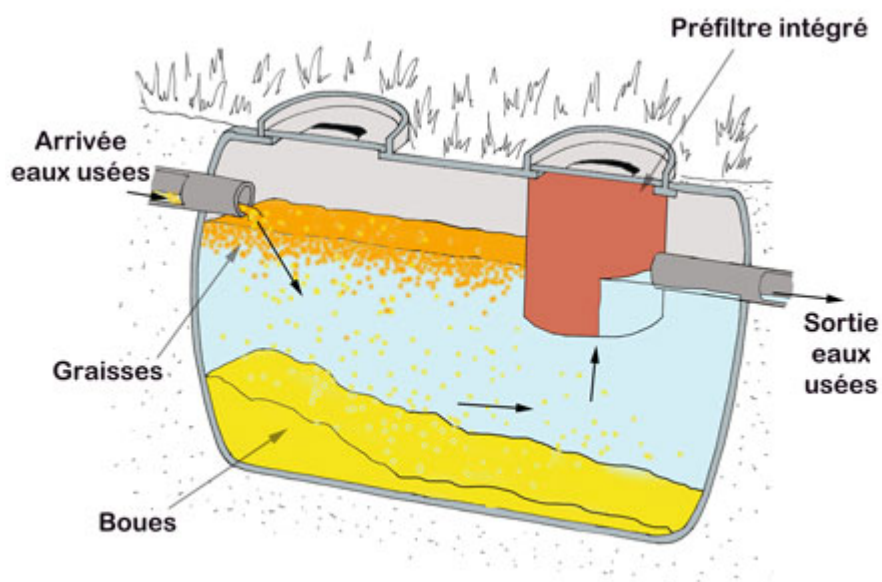


Figure 5. Schéma d'une fosse toutes eaux. Source : ccdraga.fr

Caractéristiques	
Hauteur	1440
Largeur	1190
Longueur	2700
Ø entrée	110
Ø sortie	110
Poids	119 kg
Volume	3000L

Figure 6. Caractéristique de la fosse toutes eaux en PEHD modélisée. Source : manomano.fr

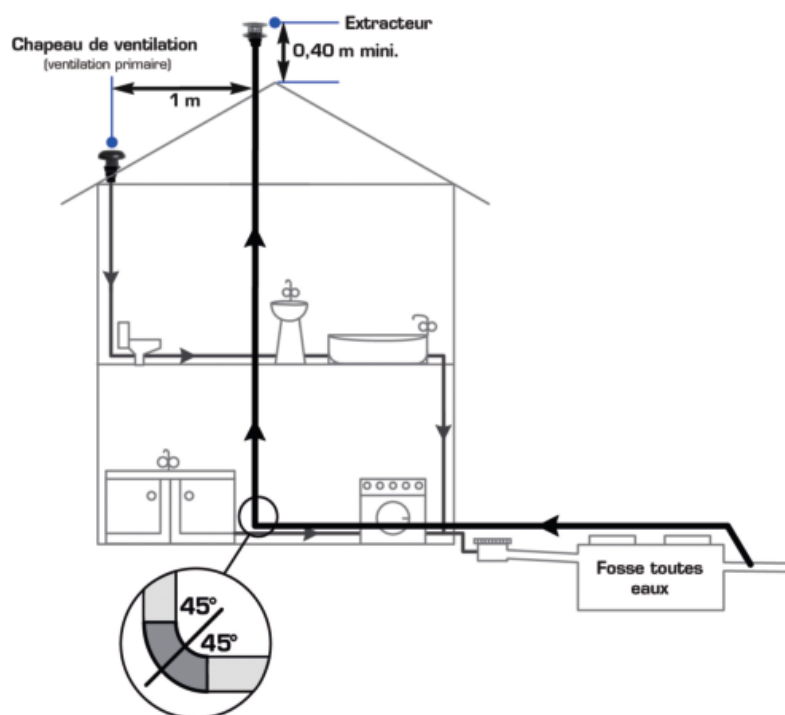


Figure 7. Ventilation d'une fosse toutes eaux. Source : Ministère de l'environnement, 2016

➤ **Filtre à sable**

Nous modéliserons une installation réglementaire telle que présentée dans la Figure 8.

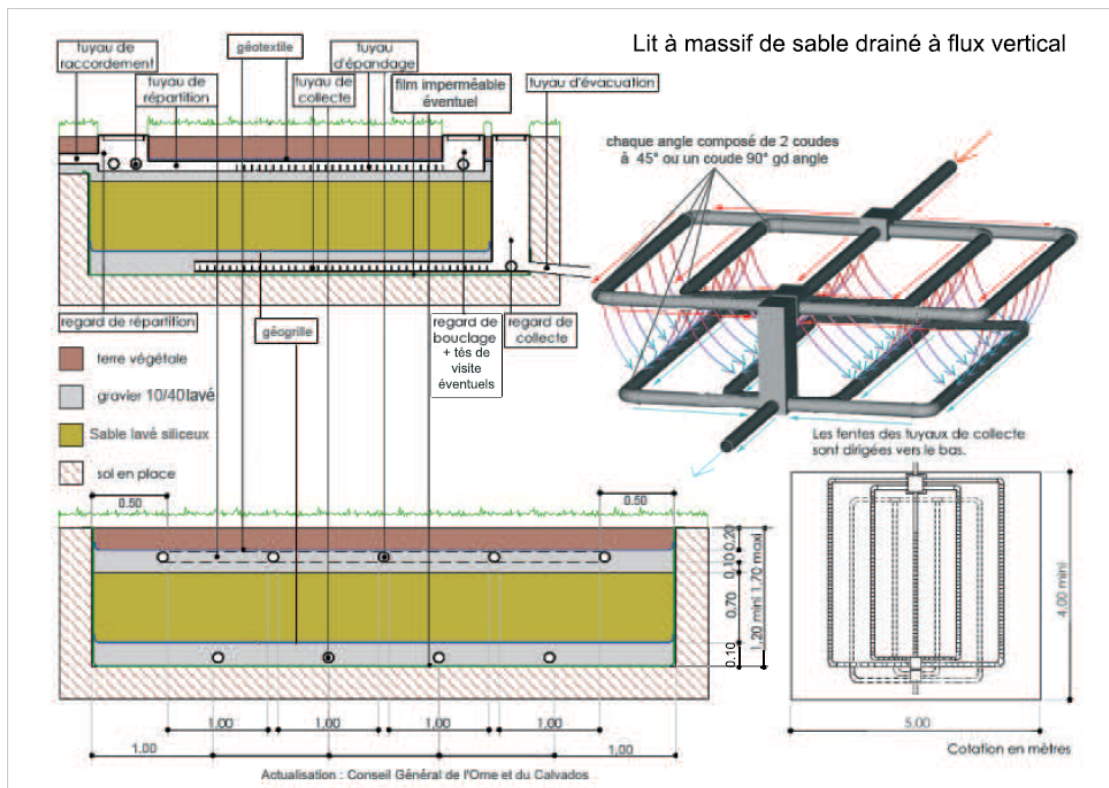


Figure 8. Schéma d'un filtre à sable vertical drainé. Source : calvados.fr

Nous retiendrons les paramètres suivants :

- 5 m de canalisation en PVC (DN 110 mm) entre la FTE et le filtre à sable
- 20 m de canalisation en PVC (DN 110 mm) entre le filtre à sable et le rejet au milieu
- Tous les tuyaux de répartition (29,5 m) et de collecte (20 m) sont en PVC (DN 110 mm)
- On assimile les regards de répartition, de bouclage et de collecte à une masse totale de PEHD de 16 kg ()
- Les tuyaux de répartition et de collecte sont installés dans une couche de 20 cm de gravier
- Epaisseur de sable : 70 cm
- Présence d'un géotextile (polypropylène) sur les tuyaux de répartition, d'une géogrille (assimilée à un géotextile) sur les tuyaux de collecte et d'une géomembrane (polyéthylène) sur toute la surface du sol pour l'imperméabilisation
- Dimensions de la fouille : 5 x 4 x 1,3 m

➤ Travaux et entretien

On considère que les travaux de construction consistent principalement en du terrassement.

Volume excavé = volume fouille FTE + volume fouille filtre à sable + volume d'enfouissement des tuyaux⁵ = **38 m³**

Une première approximation de 2h de terrassement semble raisonnable. Le processus « Equipe terrassement STEP » déjà modélisé pour ACV4E (référence fiche : GC111) sera utilisé.

⁵ En prenant en compte une section de tranchée de 40 x 40 cm.

On fait l'hypothèse que le temps de travail nécessaire au démantèlement est identique à celui du terrassement (le processus « Equipe terrassement STEP » sera également utilisé).

Même si tous les ouvrages sont enterrés, la surface au sol n'est pas utilisable pour une autre activité, donc nous prendrons en compte les impacts liés à l'utilisation du sol. La surface totale occupée est égale à la surface de l'installation à laquelle on ajoute une bordure de 2 m, soit 140 m².

A l'exception de la gestion des matières de vidange (voir paragraphe 3.2.3), les actions d'entretien de l'installation sont les suivantes :

- Désherbage mécanique (tondeuse) de l'installation et de ses abords 6 fois par an (hypothèse : comme pour des filtres plantés en assainissement collectif (Liénard et al. 2004)). Estimation de la surface à désherber : surface de l'installation à laquelle on ajoute une bordure de 2 m.
- Nettoyage du préfiltre (tous les 6 mois à 1 an) : sortir la pouzzolane et la rincer à l'eau claire (ooreka.fr) → action négligée

Le contrôle périodique de l'installation par le SPANC est également négligé dans la mesure où il consiste en un déplacement tous les 1 à 10 ans (article L2224-8 du Code général des collectivités territoriales).

➤ **Durée de vie**

On considère une durée de vie des installations de 20 ans.

3.2.3. Gestion des matières de vidange

3.2.3.1. Production et caractérisation des matières de vidange

Les matières de vidange (MV) désignent les produits issus de l'opération de vidange des fosses toutes eaux relevant de l'assainissement individuel. Elles sont composées des boues accumulées dans l'ouvrage et du liquide surnageant. Un volume d'eau supplémentaire peut être ajouté par le vidangeur pour faciliter le pompage.

Sur la base d'un volume de 3 m³ pour 5 habitants, vidangé tous les 4 ans, on obtient une production de MV d'environ **150 L/hab/an**.

Toujours sur la base d'une fréquence de vidange tous les 4 ans, la Figure 9 nous permet de retenir les flux spécifiques suivants :

- **8 kg DCO totale/hab/an**
- **6 kg MES/hab/an**

Afin de calculer les flux spécifiques d'azote et de phosphore, nous utilisons la caractérisation des MV proposée dans le Tableau 3. Les écart-types étant très élevés, les ratios des valeurs médianes sont utilisés plutôt que les valeurs moyennes. Sur la base de 6 kg MES/EH/an on obtient :

- **0,190 kg N-NKt/hab/an**
- **0,077 kg PT/hab/an**

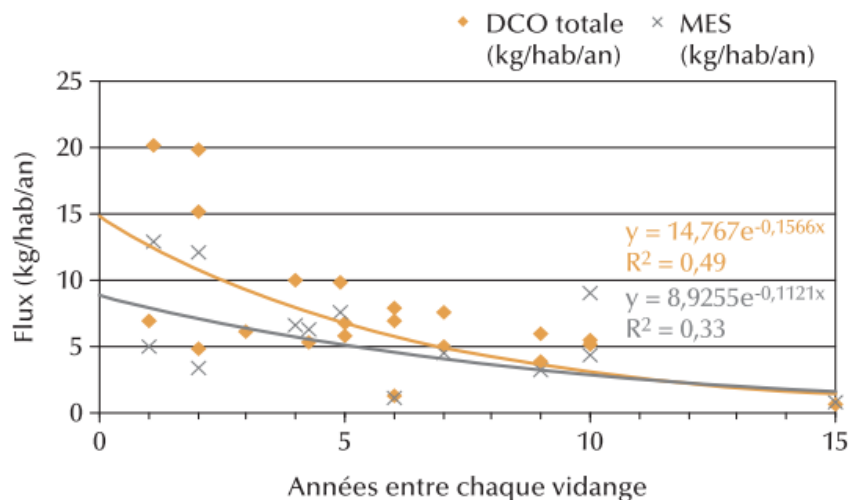


Figure 9. Evolution des flux dans les matières de vidange extraites des fosses toutes eaux en fonction de la durée de stockage. Source : (Liénard et al. 2008)

Tableau 3. Composition moyenne des boues (matières de vidange hors surnageant). Source : (Liénard et al. 2008)

unité	DCOt mg/l	DBO _{5t} mg/l	N-NKt mg/l	PT mg/l	Lipides mg MEC/l	MS mg/l	MES mg/l	MVS %
moyenne	29 700	5 800	885	430	4 500	35 000	29 000	65,3
écart type	13 400	5 000	470	430	Valeur corrigée calculée à partir de 7 valeurs	25 500	23 500	14,6
médiane	28 700	4 600	730	295		30 100	23 000	68,7
Nombre de valeurs	23	14	17	16		14	17	17

pH : $7,0 \pm 0,26$; Conductivité : $2630 \pm 860 \mu\text{S/cm}$; Potentiel rédox : $< \text{à } -100 \text{ mV/EHN}$

3.2.3.2. Vidange de la fosse et transport des matières de vidange

La vidange de la fosse a lieu quand les dépôts sont à la moitié de la hauteur utile⁶ de la fosse (Canler 2009) soit environ **tous les 4 ans**. Les MV sont généralement pompées par un camion vidangeur standard de 10 m^3 . Il faut donc considérer une consommation de carburant pour l'opération de pompage (fonctionnement du moteur). En première approximation, on considère une durée de pompage de 6 min par fosse, associée à une consommation de diesel de 25 L/h, ce qui donne une consommation de **2,5 L de diesel**.

On considère une distance de **45 km** (aller) pour collecter et transporter les boues jusqu'à une station d'épuration adaptée (voir 3.2.3.3). On négligera le fait que le camion n'est pas plein dès la première fosse vidangée. Un camion de 10 m^3 permet de vidanger 3 fosses en un seul trajet, donc les impacts associés seront amortis sur 15 EH.

⁶ 50 % du volume utile selon l'arrêté du 7 septembre 2009

3.2.3.3. Fin de vie des matières de vidange

En France, les MV sont classées comme des déchets non dangereux et sont généralement gérées via des schémas départementaux d'élimination des MV. Plusieurs fins de vie sont légales :

- Traitement dans une station d'épuration (aménagée à cet effet)
- Epandage agricole
- Traitement sur lits de séchage de boues plantés de roseaux
- Compostage avec des ordures ménagères
- Enfouissement avec des ordures ménagères

La grande majorité des MV de fosses toutes eaux est traitée en station d'épuration, c'est pourquoi nous ne modéliserons que cette option dans un premier temps. La réalisation d'un épandage agricole d'un si petit volume reste à la marge. Le traitement par lits de séchage de boues plantés de roseaux est encore très peu développé sur le territoire français (dires d'experts).

Traitement des MV en station d'épuration

Pour pouvoir traiter des MV, une station d'épuration doit avoir une capacité minimum de 10 000 EH pour deux raisons :

- Éviter que les MV apportent une charge organique trop élevée par rapport à la capacité de la station (limite à 20 % de la DCO admissible (Canler 2009)).
- Il faut que la station d'épuration ait les équipements (dépotage et prétraitements) et le personnel nécessaires pour gérer les MV.

La station d'épuration doit être équipée d'une unité de réception des MV telle que présentée dans la Figure 10.

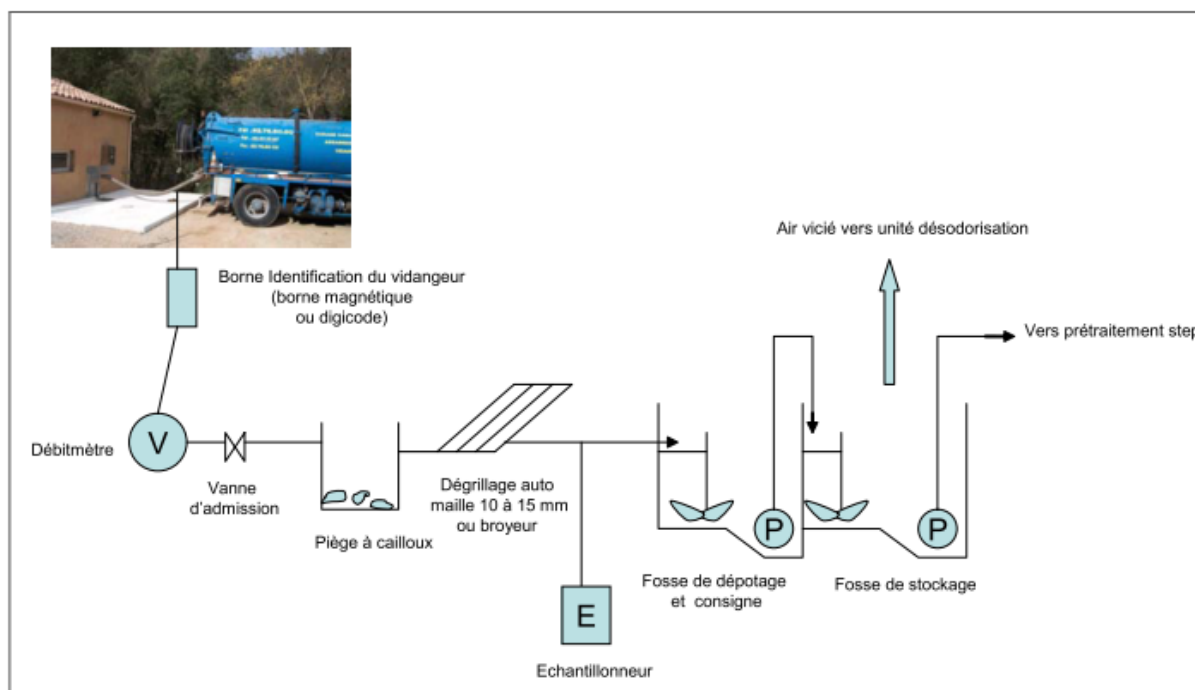


Figure 10. Schéma d'une unité de réception des matières de vidange. Source : (Canler 2009)

Des stations d'épuration de capacité de traitement de 11000 EH ont été modélisées pour ACV4E. Afin de modéliser le traitement des MV de FTE dans une station d'épuration, nous proposons de reprendre un de ces modèles existants et de l'adapter en ajoutant les équipements nécessaires présentés ci-dessus (et les consommations électriques associées), sur les bases de dimensionnement proposées par (Canler 2009).

Le modèle de station d'épuration retenu pour le traitement des MV de FTE est celui référencé comme suit dans ACV4E : « Boues activées, trait. boues par filtre-presse conditionnement polymères (11000 EH) », appelé par la suite STEP BA. Nous faisons ce choix car c'est une filière classique en France, et parce que la station d'épuration qui a été étudiée pour faire ce modèle fonctionne à sa capacité nominale, autrement dit il n'y a pas de surdimensionnement ou de sous-dimensionnement.

- **Dimensionnement et modélisation de l'unité de réception des MV**

- **Piège à cailloux** : on assimilera cet équipement à une masse d'acier inoxydable en première approche. D'après les illustrations de (Canler 2009), on assimile le piège à cailloux à un cylindre de 50 cm de diamètre et de 1 m de hauteur, comportant un couvercle et contenant une plaque d'acier de 50 x 50 cm. En faisant l'hypothèse d'une épaisseur d'acier de 5 mm, on obtient une masse totale de 87 kg (masse volumique de l'acier inoxydable : 7900 kg/m^3), que l'on arrondit à 100 kg pour prendre en compte la vanne d'admission et les pieds du piège.
- **Dégrilleur automatique** : on assimilera cet équipement à une masse d'acier inoxydable en première approche. On considère un petit dégrilleur de 250 kg (document constructeur).
- **Fosse de dépotage** : la fosse est dimensionnée en se basant sur le volume d'un camion vidangeur, 10 m^3 dans notre cas. La fosse doit être légèrement plus grande pour recevoir les eaux de lavage. Nous retiendrons un volume de 12 m^3 (Canler 2009). On fait l'hypothèse que la fosse est en béton armé avec une épaisseur de parois de 20 cm.
- **Vanne guillotine** (en remplacement de la pompe pour le transfert des MV de la fosse de dépotage à la fosse de stockage) : on considère une vanne en acier inoxydable de 20 kg (document constructeur) en première approche.
- **Fosse de stockage** : la fosse de stockage doit être dimensionnée en fonction de la fréquence de restitution des MV sur la file eau de la STEP BA.
La charge admissible de MV sur la file eau doit représenter au maximum 20 % de la DCO totale admissible dans la station d'épuration (Canler 2009). La charge nominale de la STEP BA est de 1300 kg DCO/j (rapport annuel 2012) donc la charge maximale de MV est de **260 kg DCO/j**. Avec une concentration calculée d'environ 50 kg DCO/m^3 de MV⁷, on obtient un volume maximal à restituer d'environ **$5 \text{ m}^3/\text{j}$ de MV**. Cela correspond à un maximum de 3 camions par semaine.
Le volume à restituer est inférieur au volume d'un camion vidangeur (10 m^3) donc il faut répartir la restitution des MV sur plusieurs jours. Sur une base d'un camion par jour maximum, de 3 camions par semaine, et en supposant que les 3 jours d'apport sont consécutifs, le Tableau 4 montre que le volume maximum à stocker sur une journée est de **15 m^3** . Afin d'inclure une marge d'erreur, le volume de la fosse de stockage est fixé à **20 m^3** . On fait l'hypothèse que la fosse est en béton armé avec une épaisseur de parois de 20 cm.

⁷ 150 L de MV/EH/an et 8 kg DCO/EH/an

Tableau 4. Calcul des volumes de matières de vidange à gérer dans la station d'épuration

Jour	1	2	3	4	5	6	7
Volume apporté (m ³)	10	10	10	10	0	0	0
Volume restitué (m ³)	5	5	5	5	5	5	5
Volume stocké (m ³)	5	10	15	20	15	10	5

Le Tableau 5 montre les charges de polluants que représente un apport de 5 m³/j de MV par rapport aux charges de la STEP BA. L'apport de MV provoque logiquement un dépassement de charge sur la DCO (toléré jusqu'à 120 %) mais pas sur les autres paramètres. Le volume des MV est négligeable par rapport au débit de la station, alors que les MV représentent jusqu'à 29 % de la charge en MES et 18 % de la charge en DCO.

Tableau 5. Apports de polluants des matières de vidange dans la station d'épuration

	MES	DCO	NTK	PT	Débit (m ³ /j)
Valeur nominale (kg/j) ⁽¹⁾	900	1300	150	40	2640
Moyenne STEP BA sans MV (kg/j) ⁽¹⁾	489	1203	81	11	2749
Apport MV (kg/j)	195	260	6	3	5
% MV par rapport à la charge totale	29	18	7	19	0,18
% charge totale par rapport à la valeur nominale	76	113	58	34	104

⁽¹⁾ Rapport annuel 2012 de la STEP BA

Pour finir, on fait l'hypothèse que la fosse est en béton armé avec une épaisseur de parois de 20 cm.

- **Pompes** : la fosse de stockage contient 2 pompes (dont une de secours) pour sa vidange. Dans une étude précédente un modèle reliant le débit à la masse de la pompe a été réalisé (voir Annexe 1). Avec un débit minimal préconisé de 15 m³/h⁸ (Canler 2009), on obtient une pompe de 40 kg. Un modèle simplifié de pompe a également été réalisé en amont et sera repris ici : il considère qu'une pompe est constituée de 50 % de fonte, 30 % d'acier et 20 % de cuivre (dires d'expert).
- **Agitateurs** : chaque fosse doit être brassée. On fait l'hypothèse qu'un agitateur a une masse de 50 kg (correspond à une pompe de 40 kg avec 10 kg d'acier supplémentaires pour le bras et l'hélice). Un modèle d'agitateur à hélice a déjà été réalisé dans une étude précédente et sera repris ici en première approche. Il considère qu'un agitateur est constitué de 50 % d'acier, 35 % de fonte et 15 % de cuivre (hypothèse).
- **Tuyaux** : on néglige le tuyau entre le camion vidangeur et le prétraitement des MV et celui entre le dégrilleur et la fosse de dépotage s'il y en a un (leurs longueurs sont très faibles). On ne modélise que le tuyau reliant la fosse de stockage des MV à l'entrée de la file eau de la station d'épuration. Pour cela, on fait l'hypothèse d'un tuyau en PVC de diamètre nominal 150 mm (diamètre extérieur 160 mm) et d'une longueur de 20 m.

⁸ La pompe ne fonctionne pas en continu, il faut compter entre 1 et 6 démarrages par heure.

- **Débitmètre et échantillonneur** : ces petits équipements ne sont pas pris en compte dans cette étude car ils sont négligeables en termes de matériaux et d'énergie utilisés par rapport aux autres équipements.
- **Désodorisation** : la fosse de stockage est équipée d'une ventilation et d'une désodorisation, par le biais d'une cartouche de charbon actif le plus souvent (Canler 2009). En première approche, nous prendrons en compte uniquement le charbon actif, en considérant une quantité de 10 kg de charbon par filtre (document constructeur). Le renouvellement du charbon est négligé dans la mesure où la quantité est très faible et que le charbon est généralement recyclé.

Travaux : les travaux comprennent les travaux de construction (terrassment et génie civil) et de démantèlement. En première approximation, on considère que les travaux associés à l'unité de réception des MV représentent 5 % des travaux associés à la STEP BA, soit :

- Terrassement : 17 h
- Génie civil : 74 h
- Pose de canalisations : 32 h
- Démantèlement : 74 h

Les modèles de travaux existants pour ACV4E seront utilisés. Le même raisonnement est appliqué pour déterminer la surface occupée par l'unité de réception des MV. La STEP BA couvre 3000 m² donc on fait l'hypothèse que l'unité de réception des MV couvre 150 m².

La durée de vie de l'unité de réception des MV est identique à la durée de vie choisie dans le modèle de la STEP BA, soit 30 ans.

Energie : l'unité de réception des MV consomme de l'électricité via le dégrilleur automatique, les agitateurs et la pompe de la fosse de stockage. Les consommations du dégrilleur et de la pompe sont considérées comme négligeables (la pompe ne fonctionne pas en continu, il faut compter entre 1 et 6 démarrages par heure (Canler 2009)). Les agitateurs fonctionnent en continu avec une puissance spécifique de 50 W par m³ d'ouvrage (Canler 2009), soit 600 W pour la fosse de dépotage et 1300 W pour la fosse de stockage. Cela correspond à une consommation électrique de 45 kWh/j.

○ **Traitement des MV**

Lorsque la charge de DCO apportée par les MV représente moins de 20 % de la charge totale de la station d'épuration, ce qui est le cas dans le présent modèle, aucun traitement spécifique préalable n'est requis et les MV peuvent être directement injectées dans la file eau à l'entrée des prétraitements (Figure 11). En réalité, les MV pourraient être injectées à l'entrée du bassin d'aération car le temps de séjour dans la fosse de stockage (4 j) est suffisant pour permettre une bonne homogénéisation du produit (Canler 2009). Toutefois les données disponibles pour la STEP BA ne permettent pas de dissocier le fonctionnement des différentes étapes de traitements (et donc de ne prendre en compte qu'une partie des impacts), donc nous considérerons que les MV sont injectées à l'entrée des prétraitements.

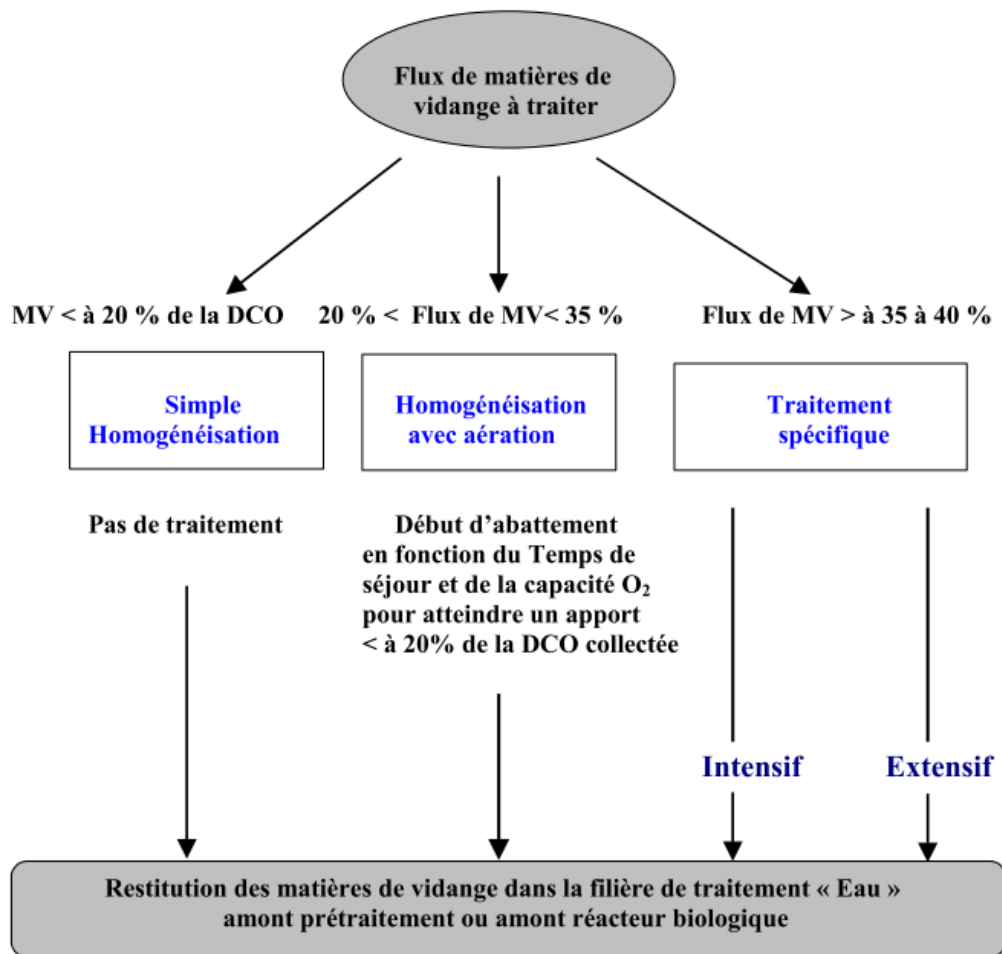


Figure 11. Traitement des matières de vidange en station d'épuration en fonction de leur apport en DCO. Source : (Canler 2009)

Modélisation de la STEP BA :

- **Infrastructure** : hormis l'unité de réception des MV modélisée précédemment, l'infrastructure de la station d'épuration n'est pas modifiée par l'apport de MV.
- **Exploitation** : le Tableau 5 montre que les MV injectées dans la file eau représentent 29 % des MES, 18 % de la DCO, 7 % du NTK et 19 % du PT du flux entrant. Cependant les MV injectées représentent seulement 0,18 % du débit entrant car ces matières sont très nettement concentrées par rapport aux eaux usées brutes. L'introduction des MV est réalisée pendant les périodes de sous-charges journalières sans modifier sensiblement l'exploitation de l'ouvrage. Le kg de DCO issu des MV a donc sensiblement (au pompage et au stockage près) les mêmes impacts environnementaux que le kg de DCO issu des eaux usées d'un réseau collectif.

Implémentation nécessaire dans ACV4E : ajout de l'option « Traitement en station d'épuration (pour ANC) » dans le module de fin de vie des boues.

3.2.4. Réalisation du bilan de matière à l'échelle de l'installation

Le principe du bilan de matière est que tous les polluants qui entrent dans l'installation doivent se retrouver en sortie soit dans les eaux traitées, soit dans l'air (réactions épuratoires), soit dans les matières de vidange. On considère une installation drainée, sans fuite d'eaux usées traitées à travers le sol en place.

Important : dans cette partie les données ne seront fournies que pour l'**option 1** (concentrations de polluants dans les eaux usées individuelles identiques aux concentrations dans les eaux usées collectives). Les détails des calculs et les données pour l'option 2 sont disponibles dans l'annexe technique nommée « Bilan matière CNP_ANC_FTE+FSVD » (fichier Excel).

3.2.4.1. Données de base

Le bilan de matière est construit à partir de la composition des eaux usées domestiques (Tableau 1 et Tableau 2), de la composition des eaux traitées (Tableau 6) et de la composition des matières de vidange (Tableau 7).

En assainissement non collectif, on considère un volume d'eau usée de **80 L/EH/j** contre 150 L/EH/j en assainissement collectif (Cauchi & Vignoles 2012). Dans le cas d'une filière FTE + filtre à sable, le volume en sortie est aussi de 80 L/EH/j environ, car il n'y a pas de pertes par évaporation ni par infiltration (le filtre est étanchéifié).

Tableau 6. Rendements épuratoires pour une filière fosse toutes eaux + filtre à sable. Valeurs en rouge : données brutes. Valeurs en noir : données calculées

Paramètres	Boutin et al. 2011		Irstea 2016 (confidentiel)		Rendements épuratoires (%)
	Eau usée		Eau traitée		
	g/m3	g/j/hab	g/m3	g/j/hab	
MES			25,0	2,0	
DBO5	625,0	50,0	10,0	0,8	98
DCO	1500,0	120,0	60,0	4,8	96
Ctot	562,5	45,0	22,5	1,8	96
N-NH4	93,8	7,5	15,0	1,2	84
Norg	31,3	2,5	5,0	0,4	84
NK	125,0	10,0	20,0	1,6	84
N-NO2	0,0	0,0			-
N-NO3	0,0	0,0	95,0	7,6	-
Ntot	125,0	10,0	115,0	9,2	8
P-PO4	20,0	1,6			
Ppart	5,0	0,4			
Ptot	25,0	2,0			

Tableau 7. Charges polluantes transférées dans les matières de vidange. Valeurs en rouge : données brutes. Valeurs en noir : données calculées

Canler 2009		
	Matières de vidange	
Paramètres	kg/an/hab	g/j/hab
MES	6,0	16,4
DBO5		
DCO	8,0	21,9
Ctot	3,0	8,2
N-NH4	0,046	0,1
Norg	0,144	0,4
NK	0,190	0,5
N-NO2		
N-NO3		
Ntot	0,190	0,5
P-PO4	0,008	0,02
Ppart	0,069	0,19
Ptot	0,077	0,21

Concernant les émissions de gaz à effet de serre (GES) dans la filière de traitement, nous nous baserons sur les données de (Diaz-Valbuena et al. 2011) (Tableau 8).

Tableau 8. Emissions de GES pour une filière fosse toutes eaux + massif filtrant. Valeurs en rouge : valeurs utilisées pour le bilan de matière

	Emissions CH4 (gC-CH4/j/hab)	Emissions CO2 (gC-CO2/j/hab)	Emissions N2O (gN-N2O/j/hab)
Diaz et al. 2011 : fosse toutes eaux	8,3	9,1	0,003
Diaz et al. 2011 : système complet	8,0	91,4	0,1
IPCC (ANC)	19,1		
USEPA (ANC)	20,3		

3.2.4.2. Equilibrage du bilan

➤ Carbone

Les quantités de carbone rejetées dans l'eau et transférées dans les MV sont consolidées et sont respectivement de 1,8 gCtot/hab/j et 8,2 gCtot/hab/j. La quantité de méthane émise dans l'air est issue des travaux de (Diaz-Valbuena et al. 2011) et s'élève à 8 gC-CH₄/hab/j (en considérant que la charge polluante d'un habitant est identique en France et aux Etats-Unis). La dernière émission à évaluer dans cette filière de traitement étant l'émission de dioxyde de carbone, celle-ci est déterminée par différence entre le carbone entrant et les sorties connues et s'élève à 27 gC-CO₂/hab/j.

Remarque : le facteur d'émission du dioxyde de carbone déterminé par (Diaz-Valbuena et al. 2011) n'est pas utilisé directement car il inclut probablement des émissions naturelles du sol au niveau du filtre à sable.

➤ Azote

La grande majorité des émissions azotées est déterminée : 9,85 gNtot/hab/j au total, pour 10 gNtot/hab/j en entrée. Les 0,15 gNtot/hab/j restants sont répartis équitablement entre les émissions d'ammoniac, de protoxyde d'azote et de diazote.

➤ Phosphore

Les quantités de phosphore dans les MV sont consolidées (0,2 gP-org/hab/j et 0,02 gP-PO₄/hab/j). Le bilan peut être équilibré sur l'émission de phosphore total dans l'eau : $2 - (0,19 + 0,021) = 1,79$ gPtot/j/hab émis dans l'eau. Le taux de MES dans le rejet étant très faible, l'hypothèse est faite que 80 % du phosphore émis dans l'eau est sous forme de phosphate, le reste étant sous forme particulaire.

➤ Micropolluants

Il n'existe pas de données exploitables concernant le devenir des micropolluants dans une installation fosse toutes eaux + filtre à sable. En première approche, l'hypothèse est faite que les métaux sont entièrement transférés dans les matières de vidange, et que les composés organiques sont répartis de la même manière que dans une station à boues activées (comportant une étape de nitrification/dénitrification).

Le bilan de matière équilibré est fourni dans le Tableau 9.

Tableau 9. Bilan de matière pour une filière fosse toutes eaux + filtre à sable vertical drainé. En noir : valeurs consolidées ; en bleu : valeurs calculées par différence d'autres valeurs ; en italique : valeurs issues d'hypothèses.

INPUTS Substances Eau Usée (g/(EH*j))		OUTPUTS (g/(EH*j))						
		Emissions et rejets directs			Sous-produits		TOTAL	
		Emissions air	Emissions sol	Rejets eau	CP1	CP2		
					Matières de vidange	Autres		
N-Azote	7,5	N-NH4			1,2	0,1		N-NH4
	2,5	N-org			0,4	0,4		N-org
	0	N-NO2						N-NO2
	0	N-NO3			7,6			N-NO3
		N-NH3	0,05					N-NH3
		N-NO						N-NO
		N-N ₂ O	0,18					N-N ₂ O
		N-N ₂	0,05					N-N ₂
10	<i>N Total, Entrée</i>	0,3		9,2	0,5	0,0	10,000	N Total, Sortie
P-Phosp.	0,4	P-org			0,4	0,19		P-org
	1,6	P-PO4			1,4	0,021		P-PO4
	0	P-P2O5						P-P2O5
	2	<i>P Total, Entrée</i>			1,79	0,21	0,0	2,000
C-Carbone		C-CO2	27,0					C-CO2
		C-CH4	8,0					C-CH4
	45	C-inerte			1,8	8,2		C-org
	0	C-DBO5						C-inerte
	45	<i>C Total, Entrée</i>	35,0		1,8	8,2	0,0	45,000
ETM	2,86E-05	Cd				2,86E-05		Cd
	9,11E-04	Hg				9,11E-04		Hg
	6,85E-04	Ni				6,85E-04		Ni
	1,18E-03	Pb				1,18E-03		Pb
	1,58E-04	Co				1,58E-04		Co
	6,27E-04	As				6,27E-04		As
	4,40E-04	Mo				4,40E-04		Mo
	2,23E-02	Zn				2,23E-02		Zn
	6,28E-03	Ba				6,28E-03		Ba
	8,19E-03	Cu				8,19E-03		Cu
	4,46E-04	Cr				4,46E-04		Cr
	2,45E-04	V				2,45E-04		V
CTO	2,89E-05	Dichlorométhane	2,55E-05		3,47E-06			Dichlorométhane
	6,67E-06	Simazine			6,67E-06			Simazine
	3,44E-05	2,4-dichlorophénol			1,65E-05	1,79E-05		2,4-dichlorophénol

3.3. Filtre planté vertical + Filtre planté horizontal

3.3.1. Principe de fonctionnement

Toutes les eaux usées domestiques (eaux vannes et eaux ménagères) sont collectées et épurées par une succession de deux filtres plantés de plantes aquatiques supérieures. L'épuration est réalisée par les micro-organismes qui se développent dans les filtres, et les racines des plantes permettent une bonne aération du milieu. Dans le premier étage de filtre, les eaux usées s'écoulent verticalement et les micro-organismes dégradent la matière organique et nitrifient en partie l'ammonium. Les matières organiques grossières sont retenues en surface du filtre et forment des dépôts qui sont minéralisés au cours du temps. Dans le second étage de filtre, les eaux s'écoulent horizontalement : le filtre est donc saturé en eau et il y a une mosaïque de zones aérobies et anaérobies. La matière organique continue d'être dégradée et les processus anaérobies permettent la dénitrification partielle des nitrates formés dans le premier filtre. Les eaux traitées sont finalement collectées et rejetées dans le milieu naturel (fossé, cours d'eau, etc.).

Tous les 10 ans environ, il est nécessaire de curer les dépôts minéralisés accumulés sur le premier filtre afin d'éviter son débordement hydraulique et son colmatage. Ces boues sont généralement stockées sur place et utilisées à terme comme compost pour un jardin d'ornement. Elles peuvent aussi être exportées pour être épandues ailleurs ou incinérées.

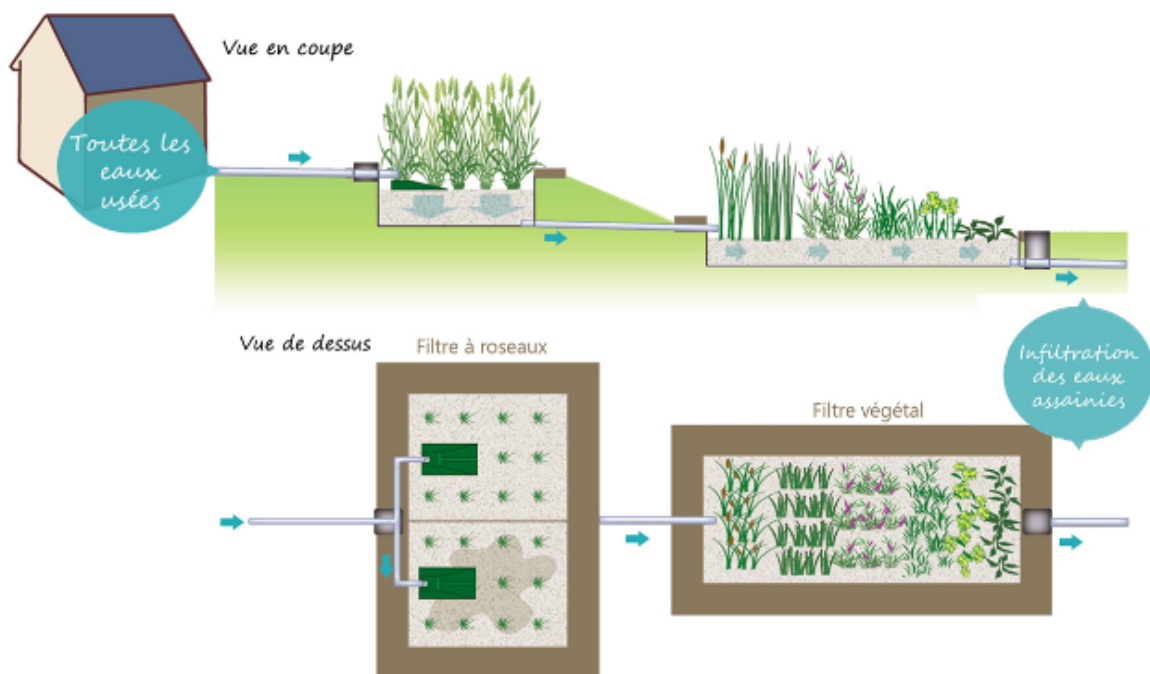


Figure 12. Schéma de la filière d'ANC agréée « filtre planté vertical + filtre planté horizontal ».

Source : aquatiris.fr

3.3.2. Dimensionnement

La filière de traitement sera dimensionnée pour une habitation de 5 habitants. On considère une installation où l'écoulement des eaux s'effectue gravitairement. Il n'y a donc aucune consommation d'énergie.

➤ Filtres plantés

Nous modéliserons l'installation agréée pour 5 EH telle que présentée dans l'agrément publié au Journal Officiel du 16 janvier 2016.

En plus des paramètres imposés, quelques paramètres doivent être fixés :

- Tuyau d'arrivée des eaux usées brutes : 10 m
- Tuyau de jonction entre les deux étages de filtres : 5 m
- Tuyau de rejet des effluents traités : 20 m (idem filière FTE + filtre à sable)
- Tuyaux de collecte au fond du filtre vertical : 4 m (sur la base de 40 mètres linéaires de drains pour 100 m² de filtre, (Risch et al. 2011))
- Tuyau de collecte en sortie du filtre horizontal : 2 m (largeur du filtre)
- Regards de distribution et de collecte : assimilés à une masse totale de PEHD de 8 kg (<http://www.pointp.fr/gros-oeuvre-bpe-voirie-tp/boite-de-repartition-ajustable-rr-450-pehd-noir-h-450-270-mm-A1460034>)
- Répartiteurs dans le filtre vertical (x2) : assimilés à une masse totale de PEHD de 8 kg (idem regards)
- Volume du filtre vertical : 10 m² x 0,8 m = 8 m³
- Volume du filtre horizontal : 10 m² x 0,5 m = 5 m³
- Grille de protection du filtre vertical : assimilée à une masse de 30 kg d'acier galvanisé
- Clôture du dispositif : en considérant une bordure de 2 m autour de l'installation, on considère une zone à clôturer de 8 x 16 m soit 48 m de clôture. On assimile la clôture à une masse de 140 kg d'acier galvanisé (<http://www.oogarden.com/prod-24729-KIT-60m-panneau-100x55-L2-x-H080m-gris.html>)
- Eléments non modélisés car négligeables en termes de matériaux utilisés : vanne de répartition entre les deux lits verticaux, protection de l'arrivée du tuyau sur le filtre horizontal, dispositif siphonoïde en aval du filtre horizontal, manchons d'étanchéité des tuyaux, alarme

Important : l'approvisionnement des plantes aquatiques n'est pas modélisé actuellement par manque de données. Cette opération n'est pas non plus prise en compte dans les modèles de filtres plantés en assainissement collectif (dans ACV4E).

➤ Travaux et entretien

On considère que les travaux de construction consistent principalement en du terrassement.

Tout comme pour une filière par filtres plantés de roseaux en assainissement collectif, on fait l'hypothèse que le volume excavé est 4 fois supérieur au volume total des filtres, car il faut créer un dénivelé d'environ 1 m entre les deux étages de filtres. Volume excavé = 4 x (8 + 5) = **52 m³** (on considère que ce volume inclut aussi le volume excavé pour la mise en place des tuyaux).

Une première approximation de 3h de terrassement semble raisonnable. Le processus « Equipe terrassement STEP » déjà modélisé pour ACV4E (référence fiche : GC111) sera utilisé.

On fait l'hypothèse que le temps de travail nécessaire au démantèlement est identique à celui du terrassement (le processus « Equipe terrassement STEP » sera également utilisé).

La surface totale occupée est égale à la surface de l'installation à laquelle on ajoute une bordure de 2 m.

A l'exception de la gestion des boues (voir paragraphe 3.3.3), les actions d'entretien de l'installation sont les suivantes :

- Désherbage mécanique (tondeuse) des abords de l'installation 6 fois par an (hypothèse : comme pour des filtres plantés en assainissement collectif, (Liénard et al. 2004)). Estimation de la surface à désherber : 100 m².
- Faucardage (avec débroussailleuse), uniquement du filtre vertical 1 fois par an (hypothèse : tout comme pour des filtres plantés en assainissement collectif, on considère que les plantes coupées sont laissées sur place).

Le contrôle périodique de l'installation par le SPANC est négligé dans la mesure où il consiste en un déplacement tous les 1 à 10 ans (article L2224-8 du Code général des collectivités territoriales).

➤ **Durée de vie**

On considère une durée de vie des installations de 20 ans.

3.3.3. Gestion des boues

3.3.3.1. Production et curage des boues

Lorsque l'épaisseur de dépôts sur le filtre vertical atteint 10 cm, il est nécessaire de curer les dépôts minéralisés accumulés sur le premier filtre afin d'éviter son débordement hydraulique et son colmatage. Ces boues sont généralement stockées sur place et utilisées à terme comme compost pour un jardin d'ornement. Elles peuvent aussi être exportées pour être épandues ailleurs ou incinérées.

Dans notre modèle, le filtre vertical a une surface de 10 m² donc le volume de boues est de **1 m³** au moment du curage. Avec une production de boues de 20 L/hab/an pour un filtre vertical (Liénard et al. 2004), on obtient une fréquence de curage **tous les 10 ans** (pour 5 EH).

On considère que l'opération de curage du filtre à l'aide d'un outil de type pelle est totalement négligeable à l'échelle du cycle de vie de la filière.

3.3.3.2. Fin de vie des boues

Sur l'ensemble des installations d'ANC par filtres plantés, on considère que 80 % des boues sont stockés sur place et que les 20 % restants sont exportés pour être incinérés avec des déchets ménagers (dires d'expert). En première approche nous utiliserons les modèles de fin de vie disponibles dans ACV4E pour les boues de filtres plantés de roseaux d'assainissement collectif.

Etant donné que les boues stockées sur place s'apparentent plus à du compost, que les potentielles émissions associées sont mal connues et que les volumes sont très faibles, aucun impact ne sera associé à cette fin de vie dans un premier temps. Concernant l'exportation vers un incinérateur, nous utiliserons le modèle déjà présent dans ACV4E, et nous considérerons une distance de transport de **35 km**.

Implémentation nécessaire dans ACV4E : ajout de l'option « Stockage sur place (pour ANC) » dans le module de fin de vie des boues.

3.3.4. Réalisation du bilan de matière à l'échelle de l'installation

Le principe du bilan de matière est que tous les polluants qui entrent dans l'installation doivent se retrouver en sortie soit dans les eaux traitées, soit dans l'air (réactions épuratoires), soit dans les matières de vidange. On considère une installation sans fuite d'eaux usées à travers le sol en place.

Important : dans cette partie les données ne seront fournies que pour l'**option 1** (concentrations de polluants dans les eaux usées individuelles identiques aux concentrations dans les eaux usées collectives). Les détails des calculs et les données pour l'option 2 sont disponibles dans l'annexe technique nommée « Bilan matière CNP_ANC_FV+FH » (fichier Excel).

3.3.4.1. Données de base

Contrairement à la filière fosse toutes eaux + filtre à sable, peu de données sont disponibles sur le devenir des polluants dans des filtres plantés à l'échelle de l'habitation. Seules les concentrations des polluants dans les eaux d'entrée et de sortie sont disponibles (Tableau 10).

En assainissement non collectif, on considère un volume d'eau usée de **80 L/EH/j** contre 150 L/EH/j en assainissement collectif (Cauchi & Vignoles 2012). Dans le cas d'une filière filtre vertical + filtre horizontal, le volume en sortie est réduit à **40 L/EH/j** environ, car il y a des pertes par évaporation (mais pas de pertes par infiltration car les filtres sont étanchéifiés).

Tableau 10. Rendements épuratoires pour une filière filtre vertical + filtre horizontal. Valeurs en rouge : données brutes. Valeurs en noir : données calculées

Paramètres	Boutin et al. 2011		Irstea 2016 (confidentiel)		Rendements épuratoires (%)
	Eau usée		Eau traitée		
	g/m3	g/j/hab	g/m3	g/j/hab	
MES			20,0	0,8	
DBO5	625,0	50,0	10,0	0,4	98
DCO	1500,0	120,0	100,0	4,0	93
Ctot	562,5	45,0	37,5	1,5	93
N-NH4	93,8	7,5	35,0	1,4	63
Norg	31,3	2,5	5,0	0,2	84
NK	125,0	10,0	40,0	1,6	68
N-NO2	0,0	0,0			-
N-NO3	0,0	0,0	40,0	1,6	-
Ntot	125,0	10,0	80,0	3,2	36
P-PO4	20,0	1,6			
Ppart	5,0	0,4			
Ptot	25,0	2,0			

3.3.4.2. Equilibrage du bilan

Les seules données du Tableau 10 ne permettent pas de construire un bilan de matière complet pour une installation filtre vertical + filtre horizontal à l'échelle de l'habitation. Par conséquent, en première approche le bilan de matière sera assimilé à celui de la même filière en assainissement collectif (Tableau 11).

Tableau 11. Bilan matière pour une filière « filtres plantés verticaux + horizontaux » en assainissement collectif

INPUTS Substances Eau Usée (g/(EH*j))		OUTPUTS (g/(EH*j))							
		Emissions et rejets directs			Sous-produits		TOTAL		
		Emissions air	Emissions sol	Rejets eau	CP1	CP2			
					Boues	Autres			
N-Azote	7,5	N-NH4			1,7	0,75	0,1	N-NH4	
	2,5	N-org			1,8	0	1,2	N-org	
	0	N-NO2			0	0	0	N-NO2	
	0	N-NO3			1,2	0	0	N-NO3	
		N-NH3	0					N-NH3	
		N-NO	0					N-NO	
		N-N ₂ O	0,1					N-N2O	
		N-N ₂	3,1					N-N2	
10	N Total, Entrée	3,2		4,7	0,8	1,3	10,0000	N Total, Sortie	
P-Phosp.	0,4	P-org			0	0	0,08	P-org	
	1,6	P-PO4			1,5		0,01	P-PO4	
	0	P-P2O5				0,4	0	P-P2O5	
	2	P Total, Entrée			1,5	0,4	0,09	2,0000	P Total, Sortie
C-Carbone		C-CO2	29,8					C-CO2	
		C-CH4	0,2					C-CH4	
	45	C-inerte			0,8	14,3	0	C-org	
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte	
	45	C Total, Entrée	29,988		0,7515	14,2605	0	45,0000	C Total, Sortie
ETM	2,86E-05	Cd	0		2,43E-05	2,14E-06	2,14E-06	Cd	
	9,11E-04	Hg	4,10E-04		1,37E-04	1,82E-04	1,82E-04	Hg	
	6,85E-04	Ni	0		5,82E-04	5,14E-05	5,14E-05	Ni	
	1,18E-03	Pb	0		5,91E-04	2,95E-04	2,95E-04	Pb	
	1,58E-04	Co	0		1,35E-04	1,19E-05	1,19E-05	Co	
	6,27E-04	As	0		5,33E-04	4,70E-05	4,70E-05	As	
	4,40E-04	Mo	0		3,74E-04	3,30E-05	3,30E-05	Mo	
	2,23E-02	Zn	0		1,12E-02	5,59E-03	5,59E-03	Zn	
	6,28E-03	Ba	0		5,33E-03	4,71E-04	4,71E-04	Ba	
	8,19E-03	Cu	0		6,96E-03	6,14E-04	6,14E-04	Cu	
	4,46E-04	Cr	0		3,79E-04	3,35E-05	3,35E-05	Cr	
2,45E-04	V	0		2,08E-04	1,84E-05	1,84E-05	V		
CTO	2,89E-05	Dichlorométhane	0		2,89E-05	0	0	Dichlorométhane	
	6,67E-06	Simazine			5,67E-06	1,0011E-06	0	Simazine	
	3,44E-05	2,4-dichlorophénol	0		1,72E-05	1,72E-05	0	2,4-dichlorophénol	

4. Conclusion

Les inventaires du cycle de vie des deux principales filières d'assainissement collectif en France ont été réalisés :

- Fosse toutes eaux + filtre à sable vertical drainé
- Filtre planté vertical + filtre planté horizontal

Ces inventaires permettront de réaliser une première évaluation environnementale de ces systèmes et de les comparer aux systèmes d'assainissement collectif. Cette phase permettra d'identifier les principaux postes qui contribuent aux impacts et d'ajuster les inventaires si besoin.

A terme, les modèles ACV d'assainissement non collectif pourront être inclus dans le logiciel ACV4E afin de créer et de comparer des scénarios d'assainissement centralisés et décentralisés.

5. Références

- Boutin, C. et al., 2011. *Modèle ACV – Filière de traitement des eaux usées par boues activées - Rapports d'ACV et données d'inventaire*,
- Canler, J.-P., 2009. *Guide technique sur les Matières de Vidange issues de l'assainissement non collectif : Caractérisation , collecte et traitements envisageables*,
- Cauchi, A. & Vignoles, C., 2012. Caractéristiques des eaux brutes de la maison individuelle. *L'eau, l'industrie, les nuisances*, pp.91–95.
- Coquery, M. et al., 2011. Mesurer les micropolluants dans les eaux usées brutes et traitées. *Techniques - Sciences - Methodes*, (1–2), pp.25–43. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79952676748&partnerID=tZOtx3y1>.
- Diaz-Valbuena, L.R. et al., 2011. Methane, carbon dioxide, and nitrous oxide emissions from septic tank systems. *Environmental science & technology*, 45(7), pp.2741–2747.
- Eme, C. & Boutin, C., 2015. *Composition des eaux usées domestiques par source d'émission à l'échelle de l'habitation - Etude bibliographique*,
- Liénard, A. et al., 2004. Filtres plantés de roseaux à flux vertical et lagunage naturel en traitement d'eaux usées domestiques en France : comparaison des performances et des contraintes d'exploitation en termes de pérennité et fiabilité. *Ingénieries*, pp.87–99.
- Liénard, A. et al., 2008. Le traitement des matières de vidange : en station d'épuration ou en lits plantés de roseaux ? *Ingénieries*, 53, pp.35–48.
- Mercoiret, L., 2010. *Qualité des eaux usées domestiques produites par les petites collectivités*,
- Risch, E. et al., 2011. *Modèle ACV – Filière de traitement des eaux usées par filtres plantés de roseaux à flux verticaux (FPRv) - Rapports d'ACV et données d'inventaire*,

6. Annexes

Annexe 1. Détermination de la masse d'un groupe électropompe

A partir de données de constructeurs, les Figure 13 et Figure 14 montrent la corrélation entre le débit maximum d'un groupe électropompe et sa masse. Une distinction a été faite entre les petits groupes (de 5 à 600 m³/h environ) et les gros groupes (de 1000 à 25000 m³/h environ). Les équations des courbes ont été utilisées pour calculer la masse des pompes présentes dans les stations d'épuration modélisées dans ACV4E.

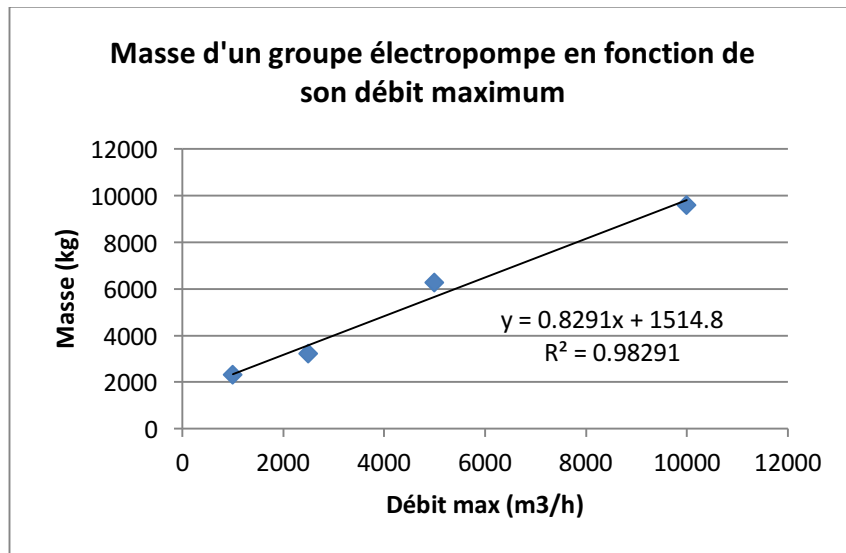


Figure 13. Masse d'un groupe électropompe en fonction de son débit maximum (débits de 1000 à 25000 m³/h)

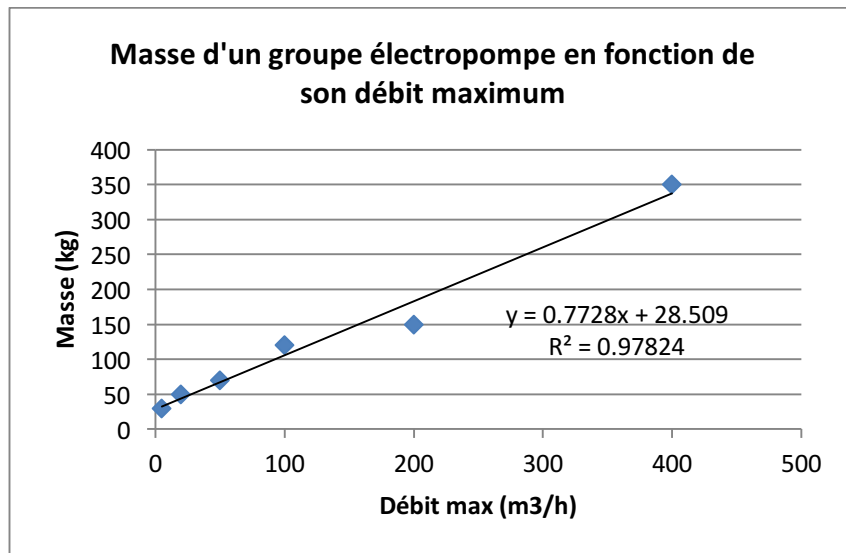


Figure 14. Masse d'un groupe électropompe en fonction de son débit maximum (débits de 5 à 600 m³/h)



Onema

Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes

01 45 14 36 00

www.onema.fr



Irstea

Centre de Montpellier
361 rue J-F Breton
34196 Montpellier

04 67 04 63 00

www.irstea.fr