

# Bilans de matière des stations d'épuration modélisées pour ACV4E : hypothèses et calculs

---

*Mis à jour : avril 2018*

## Table des matières

1. Evolution des bilans matière dans ACV4E.....	2
2. Boues activées.....	3
2.1. Boues activées sans déphosphatation, traitement des boues sur LSPR.....	3
2.2. Boues activées avec déphosphatation, traitement physico-chimique des boues.....	5
3. Filtres plantés de roseaux (FPR).....	7
3.1. FPR à deux étages à écoulement vertical (FPRv) .....	7
3.2. FPR à deux étages : le premier à écoulement vertical, le second à écoulement horizontal (FPRv+h) .....	9
4. Lagunages.....	12
4.1. Lagunage naturel .....	12
4.2. Lagunage aéré .....	14
4.3. Lagunage aéré spécial (avec réacteur nitrifiant et déphosphatation).....	16
5. Assainissement non collectif.....	17
5.1. Fosse toutes eaux + filtre à sable vertical drainé.....	17
6. Références .....	18
7. Annexes.....	19

# 1. Evolution des bilans matière dans ACV4E

Version du logiciel	Bilan matière mis à jour → Liste des modifications	Annexes
v1.2	<i>Mise en place du fichier de traçabilité des bilans matière. Les bilans de référence sont regroupés dans le fichier intitulé « Bilans matière des STEP ». Les modifications apportées à ces bilans doivent être compilées dans le présent document.</i>	Tableau 11
v1.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tous → Mise à jour des concentrations de micropolluants en entrée de station.</li>   <li>• CNP1_MIP1 → Mise à jour du facteur d'émission du N2O suite aux données acquises par Irstea Antony (Bollon et al. 2015) : passage de 0,5 % à 0,78 % (g N-N2O/g Nentrant). Equilibrage du bilan sur le rejet de nitrate : passage de 62,9 % à 62,6 % (g N-NO3/g Nentrant).</li>   <li>• CNP3_MIP2, CNP3_MIP4, CNP3_MIP5, CNP5_MIP2 → Mise à jour des rejets azotés et phosphorés dans l'eau pour correspondre aux valeurs d'efficacités épuratoires définies dans (Boutin et al. 2011). → Mise à jour du facteur d'émission du N2O suite aux données acquises par Irstea Antony (Bollon et al. 2015) : passage de 0,29 % à 0,19 % (g N-N2O/g Nentrant). Equilibrage du bilan sur le transfert d'ammonium dans les boues : passage de 22,56 % à 23,14 % (g N-NH4/g Nentrant). En effet en se basant sur le rapport de (Boutin et al. 2011), la quantité d'ammonium dans les boues finales était trop proche de celle du bilan CNP2_MIP2.</li>   <li>• CNP2_MIP2, CNP2_MIP5 → Mise à jour des rejets azotés et phosphorés dans l'eau pour correspondre aux valeurs d'efficacités épuratoires définies dans (Boutin et al. 2011). → Mise à jour du facteur d'émission du N2O suite aux données acquises par Irstea Antony (Bollon et al. 2015) : passage de 0,48 % à 0,44 % (g N-N2O/g Nentrant). La valeur de 0,44 est obtenue en sommant le facteur d'émission de 0,19 % pour le procédé de boues activées (Bollon et al. 2015) et le facteur d'émission de 0,25 % pour les lits de séchage des boues (Boutin et al. 2011). Equilibrage du bilan sur le transfert d'azote organique dans le massif filtrant : passage de 0 % à 0,52 % (g N-org/g Nentrant). En effet d'après (Boutin et al. 2011) une part de l'azote organique est transféré dans le massif filtrant (puis sera en partie minéralisée), ce qui n'apparaissait pas dans le bilan matière jusqu'à présent.</li> </ul>	Tableau 12

## 2. Boues activées

### 2.1. Boues activées sans déphosphatation, traitement des boues sur LSPR

Le bilan matière (Tableau 2, ou Tableau 13 avec des pourcentages) est défini dans le rapport de (Boutin et al. 2011) sauf pour les micropolluants, ajoutés a posteriori en se basant sur les résultats du projet AMPERES (Catel et al. 2016). Ce bilan est basé sur les efficacités épuratoires présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Efficacités épuratoires pour une BA sans déphosphatation (source : Irstea, 2010)

Paramètres	Entrée		Sortie		Rendements (%)
	g/m3	g/j/hab	g/m3	g/j/hab	
DBO5	333,00	50	13,3	2,0	96
DCO	800,00	120	72,0	10,8	91
<b>Ctot</b>	<b>300,0</b>	<b>45,0</b>	<b>27,0</b>	<b>4,1</b>	<b>91</b>
N-NH4	50,00	7,5	2,0	0,3	96
Norg	16,67	2,5	4,0	0,6	76
N-NO2	0,00	0	0,0	0,0	-
N-NO3	0,00	0	2,0	0,3	-
<b>Ntot</b>	<b>66,67</b>	<b>10</b>	<b>8,0</b>	<b>1,2</b>	<b>88</b>
P-PO4	10,67	1,6	7,5	1,12	30
Ppart	2,67	0,4	0,4	0,06	85
<b>Ptot</b>	<b>13,34</b>	<b>2</b>	<b>7,9</b>	<b>1,18</b>	<b>41</b>

Tableau 2. Bilan matière pour une BA sans déphosphatation avec traitement des boues sur LSPR

	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			0,2	2,237	0,0	N-NH4
	2,5	N-org			0,2	0	0,0	N-org
	0	N-NO2			0,051	0	0	N-NO2
	0	N-NO3			0,7	0	0	N-NO3
		N-NH3	0					N-NH3
		N-NO	0					N-NO
		N-N <sub>2</sub> O	0,048					N-N <sub>2</sub> O
		N-N <sub>2</sub>	6,219					N-N <sub>2</sub>
	<b>10</b>	<b>N Total, Entrée</b>	<b>6,267</b>		<b>1,2</b>	<b>2,5</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0000</b>   <b>N Total, Sortie</b>
P-Phosp.	0,4	P-org			0,0586	0,343	0	P-org
	1,6	P-PO4			1,1		0	P-PO4
	0	P-P2O5				0,5	0	P-P2O5
	<b>2</b>	<b>P Total, Entrée</b>			<b>1,2</b>	<b>0,8</b>	<b>0</b>	<b>2,0000</b>   <b>P Total, Sortie</b>
C-Carbone		C-CO2	32,9					C-CO2
		C-CH4	0,2					C-CH4
	45	C-inerte			1,8	10,2	0	C-org
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte
	<b>45</b>	<b>C Total, Entrée</b>	<b>33,039</b>		<b>1,8</b>	<b>10,161</b>	<b>0</b>	<b>45,0000</b>   <b>C Total, Sortie</b>
ETM	3,60E-05	Cd	0		1,26E-05	2,34E-05	0,00E+00	Cd
	7,20E-05	Hg	5,57E-05		6,48E-06	9,83E-06	0,00E+00	Hg
	1,85E-03	Ni	0		7,96E-04	1,05E-03	0,00E+00	Ni
	1,17E-03	Pb	0		3,16E-04	8,54E-04	0,00E+00	Pb
	1,19E-04	Co	0		1,00E-04	1,90E-05	0,00E+00	Co
	4,68E-04	As	0		3,37E-04	1,31E-04	0,00E+00	As
	8,82E-04	Mo	0		5,56E-04	3,26E-04	0,00E+00	Mo
	2,47E-02	Zn	0		1,06E-02	1,41E-02	0,00E+00	Zn
	1,02E-02	Ba	0		3,57E-03	6,63E-03	0,00E+00	Ba
	9,72E-03	Cu	0		1,65E-03	8,07E-03	0,00E+00	Cu
	1,96E-03	Cr	0		2,94E-04	1,67E-03	0,00E+00	Cr
	3,24E-04	V	0		3,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	V
	CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	4,16E-04		2,16E-05	0	0
5,40E-06		Simazine			5,40E-06	0	0	Simazine
3,96E-04		2,4-dichlorophénol	0		1,90E-04	2,06E-04	0	2,4-dichlorophénol

## 2.2. Boues activées avec déphosphatation, traitement physico-chimique des boues

Le bilan matière (Tableau 4, ou Tableau 14 avec des pourcentages) est défini dans le rapport de (Boutin et al. 2011) sauf pour les micropolluants, ajoutés a posteriori en se basant sur les résultats du projet AMPERES (Catel et al. 2016). Ce bilan est basé sur les efficacités épuratoires présentées dans le Tableau 3.

Tableau 3. Efficacités épuratoires pour une BA avec déphosphatation (source : Irstea, 2010)

Paramètres	Entrée		Sortie		Rendements (%)
	g/m3	g/j/hab	g/m3	g/j/hab	
DBO5	333,0	50,0	13,3	2,0	96
DCO	800,0	120,0	72,0	10,8	91
<b>Ctot</b>	<b>300,0</b>	<b>45,0</b>	<b>27,0</b>	<b>4,1</b>	<b>91</b>
N-NH4	50,0	7,5	2,0	0,3	96
Norg	16,7	2,5	4,0	0,6	76
N-NO2	0,0	0,0	0,0	0,0	-
N-NO3	0,0	0,0	2,0	0,3	-
<b>Ntot</b>	<b>66,7</b>	<b>10,0</b>	<b>8,0</b>	<b>1,2</b>	<b>88</b>
P-PO4	10,7	1,6	0,3	0,05	97
Ppart	2,7	0,4	0,9	0,14	66
<b>Ptot</b>	<b>13,3</b>	<b>2,0</b>	<b>1,2</b>	<b>0,18</b>	<b>91</b>

Tableau 4. Bilan matière pour une BA avec déphosphatation et avec traitement physico-chimique des boues

	INPUTS Substances Eau Usée (g/(EH*j))		OUTPUTS (g/(EH*j))						TOTAL		
			Emissions et rejets directs			Sous-produits					
			Emissions air	Emissions sol	Rejets eau	CP1	CP2				
						Boues	Autres				
N-Azote	7,5	N-NH4			0,2	2,256	0,0	N-NH4			
	2,5	N-org			0,2	0	0,0	N-org			
	0	N-NO2			0,051	0	0	N-NO2			
	0	N-NO3			0,7	0	0	N-NO3			
		N-NH3	0					N-NH3			
		N-NO	0					N-NO			
		N-N <sub>2</sub> O	0,029					N-N <sub>2</sub> O			
		N-N <sub>2</sub>	6,219					N-N <sub>2</sub>			
	<b>10</b>	<b>N Total, Entrée</b>	<b>6,248</b>		<b>1,2</b>	<b>2,5</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0000</b>	<b>N Total, Sortie</b>		
P-Phosp.	0,4	P-org			0,1422	1,0796	0	P-org			
	1,6	P-PO4			0,0		0	P-PO4			
	0	P-P2O5				0,7	0	P-P2O5			
	<b>2</b>	<b>P Total, Entrée</b>			<b>0,2</b>	<b>1,8</b>	<b>0</b>	<b>2,0000</b>	<b>P Total, Sortie</b>		
C-Carbone		C-CO2	18,7					C-CO2			
		C-CH4	0,1					C-CH4			
	45	C-inerte			1,8	24,5	0	C-org			
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte			
	<b>45</b>	<b>C Total, Entrée</b>	<b>18,747</b>		<b>1,8</b>	<b>24,453</b>	<b>0</b>	<b>45,0000</b>	<b>C Total, Sortie</b>		
ETM	3,60E-05	Cd	0		1,26E-05	2,34E-05	0,00E+00	Cd			
	7,20E-05	Hg	5,57E-05		6,48E-06	9,83E-06	0,00E+00	Hg			
	1,85E-03	Ni	0		7,96E-04	1,05E-03	0,00E+00	Ni			
	1,17E-03	Pb	0		3,16E-04	8,54E-04	0,00E+00	Pb			
	1,19E-04	Co	0		1,00E-04	1,90E-05	0,00E+00	Co			
	4,68E-04	As	0		3,37E-04	1,31E-04	0,00E+00	As			
	8,82E-04	Mo	0		5,56E-04	3,26E-04	0,00E+00	Mo			
	2,47E-02	Zn	0		1,06E-02	1,41E-02	0,00E+00	Zn			
	1,02E-02	Ba	0		3,57E-03	6,63E-03	0,00E+00	Ba			
	9,72E-03	Cu	0		1,65E-03	8,07E-03	0,00E+00	Cu			
	1,96E-03	Cr	0		2,94E-04	1,67E-03	0,00E+00	Cr			
	3,24E-04	V	0		3,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	V			
	CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	4,16E-04		2,16E-05	0	0	Dichlorométhane		
5,40E-06		Simazine			5,40E-06	0	0	Simazine			
3,96E-04		2,4-dichlorophénol	0		1,90E-04	2,06E-04	0	2,4-dichlorophénol			

### 3. Filtres plantés de roseaux (FPR)

#### 3.1. FPR à deux étages à écoulement vertical (FPRv)

Le bilan matière (Tableau 5, ou Tableau 15 avec des pourcentages) est défini dans le rapport de (Risch et al. 2011) sauf pour les micropolluants, ajoutés a posteriori en se basant sur les résultats du projet AMPERES (Catel et al. 2016).

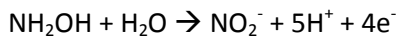
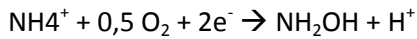
Tableau 5. Bilan matière pour un FPRv

INPUTS Substances Eau Usée (g/(EH*j))			OUTPUTS (g/(EH*j))					TOTAL	
			Emissions et rejets directs			Sous-produits			
			Emissions air	Emissions sol	Rejets eau	CP1	CP2		
						Boues	Autres		
N-Azote	7,5	N-NH4			0,3	0,75	0,1	N-NH4	
	2,5	N-org			1,8	0	0,8	N-org	
	0	N-NO2			0	0	0	N-NO2	
	0	N-NO3			6,3	0	0	N-NO3	
		N-NH3	0					N-NH3	
		N-NO	0					N-NO	
		N-N <sub>2</sub> O	0,05					N-N <sub>2</sub> O	
		N-N <sub>2</sub>	0					N-N <sub>2</sub>	
<b>10</b>	<b>N Total, Entrée</b>	<b>0,05</b>		<b>8,3</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>10,0000</b>	<b>N Total, Sortie</b>	
P-Phosp.	0,4	P-org			0	0	0,05	P-org	
	1,6	P-PO4			1,5		0,01	P-PO4	
	0	P-P2O5				0,4	0	P-P2O5	
	<b>2</b>	<b>P Total, Entrée</b>			<b>1,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,06</b>	<b>2,0000</b>	<b>P Total, Sortie</b>
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	
	<b>45</b>	<b>C Total, Entrée</b>	<b>29,988</b>		<b>0,7515</b>	<b>14,2605</b>	<b>0</b>	<b>45,0000</b>	<b>C Total, Sortie</b>
ETM	3,60E-05	Cd	0		3,06E-05	2,70E-06	2,70E-06	Cd	
	7,20E-05	Hg	3,24E-05		1,08E-05	1,44E-05	1,44E-05	Hg	
	1,85E-03	Ni	0		1,57E-03	1,39E-04	1,39E-04	Ni	
	1,17E-03	Pb	0		5,85E-04	2,93E-04	2,93E-04	Pb	
	1,19E-04	Co	0		1,01E-04	8,93E-06	8,93E-06	Co	
	4,68E-04	As	0		3,98E-04	3,51E-05	3,51E-05	As	
	8,82E-04	Mo	0		7,50E-04	6,62E-05	6,62E-05	Mo	
	2,47E-02	Zn	0		1,24E-02	6,18E-03	6,18E-03	Zn	
	1,02E-02	Ba	0		8,67E-03	7,65E-04	7,65E-04	Ba	
	9,72E-03	Cu	0		8,26E-03	7,29E-04	7,29E-04	Cu	
	1,96E-03	Cr	0		1,67E-03	1,47E-04	1,47E-04	Cr	
	3,24E-04	V	0		2,75E-04	2,43E-05	2,43E-05	V	
CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	0		1,80E-04	0	0	Dichlorométhane	
	5,40E-06	Simazine			4,59E-06	8,10E-07	0	Simazine	
	3,96E-04	2,4-dichlorophénol	0		1,98E-04	1,98E-04	0	2,4-dichlorophénol	

Le bilan a été légèrement modifié par rapport à celui du rapport de Risch et al. (2011) pour les émissions de N<sub>2</sub>O :

Une valeur conservatrice de 1 % de l'azote entrant émis sous forme de N<sub>2</sub>O avait été choisie. Cependant en réalisant le bilan matière des filtres plantés à écoulement vertical dans le premier étage et horizontal dans le second étage (FPRv+h), il apparaît que cette valeur est trop élevée car supérieure aux émissions de N-N<sub>2</sub>O dans les FPRv+h. On choisit donc de prendre une valeur de 1 % pour les émissions du FPRv+h (soit 0,1 gN-N<sub>2</sub>O/j/hab) et une valeur de 0,5 % pour le FPRv (soit 0,05 gN-N<sub>2</sub>O/j/hab).

Equilibrage du bilan : les émissions de N<sub>2</sub>O dans un filtre vertical sont très faibles et liées à la nitrification. Rappelons la réaction de nitrification :



Les émissions de N<sub>2</sub>O pourraient plus précisément avoir lieu lors de l'oxydation du NH<sub>2</sub>OH en NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, et par conséquent moins de nitrate seraient formé. Ainsi, si l'on diminue les émissions de N<sub>2</sub>O, alors pour équilibrer le bilan matière il faut augmenter la quantité de nitrate. On passe de 6,23 gN-NO<sub>3</sub>/j/hab à 6,29 gN-NO<sub>3</sub>/j/hab.



### 3.2. FPR à deux étages : le premier à écoulement vertical, le second à écoulement horizontal (FPRv+h)

Le bilan matière (Tableau 6, ou Tableau 16 avec des pourcentages) a été adapté de celui du FPRv. Les hypothèses sont décrites ci-dessous.

Tableau 6. Bilan matière pour un FPRv+h

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 <sub>2</sub> O	0,1					N-N <sub>2</sub> O	
		N-N <sub>2</sub>	3,1					N-N <sub>2</sub>	
	<b>10</b>	<b>N Total, Entrée</b>	<b>3,2</b>		<b>4,7</b>	<b>0,8</b>	<b>1,3</b>	<b>10,0000</b>   <b>N Total, Sortie</b>	
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	
	<b>2</b>	<b>P Total, Entrée</b>			<b>1,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,09</b>	<b>2,0000</b>   <b>P Total, Sortie</b>	
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	
	<b>45</b>	<b>C Total, Entrée</b>	<b>29,988</b>		<b>0,7515</b>	<b>14,2605</b>	<b>0</b>	<b>45,0000</b>   <b>C Total, Sortie</b>	
ETM	3,60E-05	Cd	0		3,06E-05	2,70E-06	2,70E-06	Cd	
	7,20E-05	Hg	3,24E-05		1,08E-05	1,44E-05	1,44E-05	Hg	
	1,85E-03	Ni	0		1,57E-03	1,39E-04	1,39E-04	Ni	
	1,17E-03	Pb	0		5,85E-04	2,93E-04	2,93E-04	Pb	
	1,19E-04	Co	0		1,01E-04	8,93E-06	8,93E-06	Co	
	4,68E-04	As	0		3,98E-04	3,51E-05	3,51E-05	As	
	8,82E-04	Mo	0		7,50E-04	6,62E-05	6,62E-05	Mo	
	2,47E-02	Zn	0		1,24E-02	6,18E-03	6,18E-03	Zn	
	1,02E-02	Ba	0		8,67E-03	7,65E-04	7,65E-04	Ba	
	9,72E-03	Cu	0		8,26E-03	7,29E-04	7,29E-04	Cu	
	1,96E-03	Cr	0		1,67E-03	1,47E-04	1,47E-04	Cr	
	3,24E-04	V	0		2,75E-04	2,43E-05	2,43E-05	V	
CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	0		1,80E-04	0	0	Dichlorométhane	
	5,40E-06	Simazine			4,59E-06	8,10E-07	0	Simazine	
	3,96E-04	2,4-dichlorophénol	0		1,98E-04	1,98E-04	0	2,4-dichlorophénol	

### 3.2.1. Carbone

Pas de changement sur le bilan carbone par rapport à un FPRv.

### 3.2.2. Phosphore

Par rapport à un FPRv, une quantité plus importante de phosphore est assimilée par les plantes (sensiblement < 5 % selon (Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux 2005), p-9), la valeur choisie est **4 %**, par rapport à 2,5 % pour le FPRv) donc on retrouve moins de phosphore dans l'eau.

On considère que la quantité de phosphore stockée dans les boues **ne varie pas** de celle du FPRv car les boues s'accumulent en surface du premier filtre vertical, qui est commun aux deux filières.

### 3.2.3. Azote

La quantité d'azote assimilée par les plantes dans le FPRv représente 7,6 % de la charge entrante, alors que (Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux 2005) estime cette quantité négligeable pour un FPRv et de l'ordre de 5 % dans un FPRv+h. Face à cette incohérence on se base sur la valeur de 0,38 gN/m<sup>2</sup>/j (voir rapport de stage E. Dufour). Avec une surface de (1,2+2)=3,2 m<sup>2</sup>/hab on obtient une valeur d'azote exporté par les plantes de **1,22 g/j/hab**.

On considère que la quantité d'azote stockée dans les boues **ne varie pas** de celle du FPRv car les boues s'accumulent en surface du premier filtre vertical, qui est commun aux deux filières.

On considère que la quantité d'azote organique dans l'eau traitée **ne varie pas** car nous ne savons pas si le taux de minéralisation (dégradation du N-org en NH<sub>4</sub>) est différent entre un FPRv et un FPRv+h.

On considère que la quantité d'azote restant dans le massif filtrant **ne varie pas** car nous n'avons aucun moyen de savoir si cette quantité est différente entre un FPRv et un FPRv+h.

Concernant les réactions de nitrification/dénitrification : on sait que le filtre horizontal ne permet pas une nitrification aussi poussée qu'un filtre vertical, mais qu'il permet de dénitrifier l'essentiel des nitrates préalablement formés dans le filtre vertical.

Pour un FPRv, d'après (Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux 2005) la nitrification se déroule d'avantage dans le 2<sup>ème</sup> étage, alors que d'après (Molle et al. 2004) elle se déroule à 50 % dans le 1<sup>er</sup> étage (sous-entendu 50 % dans le 2<sup>ème</sup>).

On fait l'hypothèse que **40 % de la nitrification se déroule dans le 1<sup>er</sup> étage et 60 % dans le 2<sup>ème</sup>**. Etant donné que dans notre bilan matière il y a 80 % de nitrification (Molle et al. 2004), cela signifie que **32 %** se déroule dans le 1<sup>er</sup> étage et **48 %** dans le 2<sup>ème</sup>.

Dans un FPRv+h, le premier étage est identique au FPRv, donc les 32 % de nitrification ont lieu : on obtient 0,32\*10 gNTK<sup>1</sup> = **3,2 gN-NO<sub>3</sub>**. En revanche dans le second étage qui est horizontal, la nitrification est < 48 % : quelle valeur ?

Sur les 3,2 gN-NO<sub>3</sub> formés dans le 1<sup>er</sup> étage vertical, l'essentiel sera dénitrifié et transformé en N<sub>2</sub> dans le 2<sup>ème</sup> étage, mais une partie sera aussi émise sous forme de N<sub>2</sub>O : quelle proportion ?

On considère que les nitrates formés dans le filtre horizontal ne sont pas transformés.

Il y a donc trois inconnues :

- La répartition de la nitrification entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> étage d'un FPRv,
- Le taux de nitrification dans le filtre horizontal,
- La proportion de N<sub>2</sub>O émise lors de la dénitrification.

Un bilan matière provisoire a été réalisé en prenant comme hypothèses arbitraires :

---

<sup>1</sup> (Molle et al. 2004) calcule le taux de nitrification à partir des rendements épuratoires observés sur NK.

- 40 % de la nitrification se déroule dans le 1<sup>er</sup> étage et 60 % dans le 2<sup>ème</sup> (voir ci-dessus).
- Taux de nitrification de **12 %** (1/4 de 48 %) dans le filtre horizontal :  $0,12 * 10 = 1,2 \text{ gN-NO}_3$  (rejetés dans l'eau). La nitrification totale est donc de  $32+12 = 44 \%$ .
- **0,5 %** de l'azote est émis sous forme de N<sub>2</sub>O lors de la dénitrification (demander source à Eva) :  $0,005 * 3,2 \text{ gN-NO}_3 = 0,016 \text{ gN-N}_2\text{O}$ . Soit  $0,995 * 3,2 = 3,184 \text{ gN-N}_2$  émis. Le problème en prenant cette hypothèse est que la quantité de N-N<sub>2</sub>O émise est plus faible que dans un FPRv alors qu'elle devrait être supérieure du fait de la dénitrification. Dans le FPRv une valeur conservatrice de 1 % de l'azote entrant émis sous forme de N<sub>2</sub>O avait été choisie. On propose de prendre cette valeur pour le FPRv+h (soit 0,1 gN-N<sub>2</sub>O/j/hab) et de la diviser par deux pour le FPRv (soit 0,05 gN-N<sub>2</sub>O/j/hab). La répartition de l'azote lors de la dénitrification est donc maintenant de **3 %** de N-N<sub>2</sub>O et **97 %** de N-N<sub>2</sub>.

On a  $100-44 = 56 \%$  de l'azote entrant qui n'est pas nitrifié, soit 5,6 gNTK. Il doit être réparti entre l'eau, les boues, les macrophytes et le massif filtrant. L'azote exporté par les macrophytes a été déterminé, et on a fait l'hypothèse que les quantités d'azote exportées dans les boues, dans le massif filtrant et dans l'eau traitée sous forme de Norg, ne variaient pas de celles du FPRv. Finalement on ne peut équilibrer le bilan qu'en modifiant la quantité d'azote ammoniacal rejeté dans l'eau traitée. On obtient  $10-8,27 = 1,73 \text{ gN-NH}_4$ .

Vérification de la cohérence de la valeur de 1,73 gN-NH<sub>4</sub> : La nitrification totale est de 44 % du NTK entrant, or le substrat réel est l'ammonium, donc cela représente  $4,4/7,5 = 0,59$  soit 59 % du N-NH<sub>4</sub> entrant. Par conséquent  $(1-0,59) * 7,5 = 3,1 \text{ gN-NH}_4$  n'est pas nitrifié. Cet azote va soit rester sous la forme NH<sub>4</sub> soit être assimilé en Norg. Or la quantité totale de Norg émis est de  $1,8+1,22 = 3,02 \text{ gNorg}$  et la quantité totale de N-NH<sub>4</sub> émis est de  $1,73+0,75+0,1 = 2,58 \text{ gN-NH}_4$ . Donc par rapport aux quantités entrantes, globalement 0,52 gN est passé de la forme NH<sub>4</sub> à la forme Norg. Autrement dit il y a plus d'assimilation bactérienne que de dégradation bactérienne de l'azote (voir schéma du cycle de l'azote). Cela est-il cohérent ?

Remarque : Dans une STEP les réactions de nitrification et dénitrification sont très complexes et variables du fait de la variabilité d'une part des conditions physico-chimiques des milieux dans lesquelles elles ont lieu, et d'autre part des bactéries qui réalisent ces réactions. En effet certaines bactéries ne réalisent que la nitrification ou la dénitrification, d'autres sont capables à la fois de nitrifier et de dénitrifier, d'autres sont capables de réaliser la dénitrification dans un milieu favorable à la nitrification etc. Par conséquent la nature et la quantité des produits azotés formés peuvent être très différentes d'une STEP à l'autre, et d'un jour à l'autre au sein d'une même STEP. Ici nous faisons les hypothèses simplificatrices suivantes :

- La quantité de N<sub>2</sub>O produite lors de la nitrification est négligeable par rapport à la quantité produite lors de la dénitrification ;
- Tout le nitrate formé dans le 1<sup>er</sup> étage de filtres verticaux est dénitrifié dans le 2<sup>ème</sup> étage horizontal (en réalité la réaction n'est pas totale et une partie des nitrates est retransformée en ammonium) ;
- Le diazote (N<sub>2</sub>) et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) sont les seuls produits de la réaction de dénitrification (en réalité il y a aussi de l'oxyde nitrique NO) ;
- La production de nitrite (NO<sub>2</sub>-) ainsi que son statut de substrat dans la réaction de dénitrification ne sont pas pris en compte.

### 3.2.4. Micropolluants

Pas de changement sur le bilan matière des micropolluants par rapport à un FPRv.

## 4. Lagunages

### 4.1. Lagunage naturel

A part les performances épuratoires, très peu de données sont disponibles concernant les émissions de polluants dans l'air et les boues des filières de lagunage naturel, ce qui ne nous permet pas de réaliser un bilan matière précis. Les hypothèses ci-dessous permettent de réaliser un bilan matière simplifié (Tableau 7, ou Tableau 17 avec des pourcentages) basé sur le bilan matière d'une filière à boues activées puisque c'est le procédé de traitement le plus proche du lagunage (cultures libres de bactéries).

Tableau 7. Bilan matière pour un lagunage naturel

	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			1,9	1,278	0,0	N-NH4	
	2,5	N-org			1,1	0	0,0	N-org	
	0	N-NO2			0	0	0	N-NO2	
	0	N-NO3			0,0	0	0	N-NO3	
		N-NH3	3					N-NH3	
		N-NO	0					N-NO	
		N-N <sub>2</sub> O	0,026					N-N <sub>2</sub> O	
		N-N <sub>2</sub>	2,554					N-N <sub>2</sub>	
	<b>10</b>	<b>N Total, Entrée</b>	<b>5,58</b>		<b>3,0</b>	<b>1,4</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0000</b>	<b>N Total, Sortie</b>
P-Phosp.	0,4	P-org			0,035	0,546	0	P-org	
	1,6	P-PO4			0,7		0	P-PO4	
	0	P-P2O5				0,8	0	P-P2O5	
	<b>2</b>	<b>P Total, Entrée</b>			<b>0,7</b>	<b>1,3</b>	<b>0</b>	<b>2,0000</b>	<b>P Total, Sortie</b>
C-Carbone		C-CO2	25,7					C-CO2	
		C-CH4	0,1					C-CH4	
	45	C-inerte			11,3	7,9	0	C-org	
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte	
	<b>45</b>	<b>C Total, Entrée</b>	<b>25,83</b>		<b>11,25</b>	<b>7,92</b>	<b>0</b>	<b>45,0000</b>	<b>C Total, Sortie</b>
ETM	3,60E-05	Cd	0		5,40E-06	3,06E-05	0,00E+00	Cd	
	7,20E-05	Hg	3,06E-05		1,08E-05	3,06E-05	0,00E+00	Hg	
	1,85E-03	Ni	0		1,58E-03	2,78E-04	0,00E+00	Ni	
	1,17E-03	Pb	0		1,76E-04	9,95E-04	0,00E+00	Pb	
	1,19E-04	Co	0		1,01E-04	1,78E-05	0,00E+00	Co	
	4,68E-04	As	0		3,98E-04	7,02E-05	0,00E+00	As	
	8,82E-04	Mo	0		4,41E-04	4,41E-04	0,00E+00	Mo	
	2,47E-02	Zn	0		3,70E-03	2,10E-02	0,00E+00	Zn	
	1,02E-02	Ba	0		5,09E-03	5,09E-03	0,00E+00	Ba	
	9,72E-03	Cu	0		1,46E-03	8,26E-03	0,00E+00	Cu	
	1,96E-03	Cr	0		2,94E-04	1,67E-03	0,00E+00	Cr	
	3,24E-04	V	0		2,75E-04	4,86E-05	0,00E+00	V	
	CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	4,16E-04		2,16E-05	0	0	Dichlorométhane
5,40E-06		Simazine			5,40E-06	0	0	Simazine	
3,96E-04		2,4-dichlorophénol	0		1,90E-04	2,06E-04	0	2,4-dichlorophénol	

#### 4.1.1. Carbone

On considère un rendement de 75 % sur la DCO ((Alexandre et al. 1998) et (Racault et al. 1997)), contrairement à 96 % pour une boues activées. En se basant sur le bilan matière d'une boues activées, il y a donc plus de carbone émis dans l'eau et moins de carbone émis dans les boues et dans l'air ( $\text{CO}_2$  et  $\text{CH}_4$ ). Pour une boues activées (Tableau 2)<sup>2</sup>, 76,1 % du carbone éliminé de l'eau sont émis sous forme de  $\text{CO}_2$ , 0,4 % sont émis sous forme de  $\text{CH}_4$  et 23,5 % sont émis dans les boues (carbone organique). On utilisera cette répartition pour calculer les flux de carbone pour le lagunage naturel.

#### 4.1.2. Phosphore

On considère un rendement de 65 % sur le phosphore total (voir les quatre références citées). En l'absence de données disponibles, on répartira le phosphore total émis dans l'eau entre phosphate et phosphore organique selon la répartition observée en sortie d'une station à boues activées (sans déphosphatation physico-chimique, Tableau 2), soit 95 % de phosphate et 5 % de phosphore organique. Idem pour le phosphore total transféré dans les boues : 58 % sous forme de pentoxyde de phosphore ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) et 42 % sous forme de phosphore organique.

Rq : Teneur en phosphore des boues : 1-2,2 mg/g (Racault et al. 1997)

#### 4.1.3. Azote

On considère un rendement de 70 % sur l'azote total (voir les quatre références citées). On ne trouve pas de nitrates en sortie donc tout l'azote rejeté est de l'azote total Kjeldahl (NK). D'après (Racault et al. 1997), les concentrations en sortie sont de 22 mg/L pour NK et de 14 mg/L pour l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), donc le  $\text{NH}_4^+$  représente 64 % des rejets d'azote. Comme  $\text{NK} = \text{NH}_4^+ + \text{N-org}$ , les rejets de N-org représentent 36 % des rejets d'azote. On obtient 1,92 g/j/hab de  $\text{NH}_4^+$  et 1,08 g/j/hab de N-org émis dans l'eau.

On a 7,5 g/j/hab de  $\text{NH}_4^+$  en entrée et 1,92 g/j/hab en sortie, donc on pourrait considérer que la différence (5,58 g/j/hab) a été nitrifiée puis dénitrifiée totalement (car pas de nitrates en sortie). Mais quelle part de  $\text{N}_2\text{O}$  émis ? Quelles émissions de  $\text{NH}_3$  ? Quelle part de  $\text{NH}_4$  dans les boues ? Pour simplifier et en attendant de nouvelles données nous faisons les hypothèses suivantes :

- Emissions de  $\text{NH}_3$  : d'après (IWA 2007), le dégagement d'ammoniac est le principal mécanisme d'élimination de l'azote. La photosynthèse des algues contribue à l'augmentation du pH et favorise la forme  $\text{NH}_3$  (au détriment de la forme  $\text{NH}_4^+$ ) et donc son dégagement. Si l'activité photosynthétique est forte, le pH atteint facilement 9 et à ce stade l'azote est à 50 % sous forme de  $\text{NH}_3$  et 50 % sous forme de  $\text{NH}_4^+$ . Comme l'activité photosynthétique varie, on fera l'hypothèse d'une répartition moyenne 40%  $\text{NH}_3$ /60%  $\text{NH}_4$ . On considère que le  $\text{NH}_4^+$  entrant dans la première lagune subit tout de suite cette répartition, et que tout le  $\text{NH}_3$  est émis dans l'air.
- Nitrification/dénitrification : on considère que la différence entre le  $\text{NH}_4^+$  entrant et émis dans l'eau d'une part et transformé en  $\text{NH}_3$  d'autre part (et donc émis dans l'air) correspond au  $\text{NH}_4^+$  dénitrifié. Sur cette quantité on fait l'hypothèse que 1 % de l'azote est émis sous forme de  $\text{N}_2\text{O}$ , le reste étant émis sous forme de  $\text{N}_2$ .
- L'azote restant est émis dans les boues en respectant la répartition observée en sortie d'une station à boues activées (sans déphosphatation physico-chimique, Tableau 2), soit 90 % de  $\text{NH}_4$  et 10 % de Norg.

Rq : Teneur en azote (NK) des boues : 0,8-3,3 mg/g (Racault et al. 1997)

#### 4.1.4. Micropolluants

Le bilan sur les micropolluants est réalisé à partir de résultats du projet AMPERES (Catel et al. 2016).

---

<sup>2</sup> On considère le bilan carbone d'une STEP à boues activées avec traitement des boues par LSPR. En effet, le bilan matière inclut aussi la gestion des boues, or pour une STEP avec traitement des boues sur LSPR, il y a des émissions à l'air plus importantes liées à la minéralisation des boues. Les boues étant aussi minéralisées dans une lagune, ce bilan matière est le plus pertinent.

## 4.2. Lagunage aéré

A part les performances épuratoires, très peu de données sont disponibles concernant les émissions de polluants dans l'air et les boues des filières de lagunage aéré, ce qui ne nous permet pas de réaliser un bilan matière précis. Les hypothèses ci-dessous permettent de réaliser un bilan matière simplifié (Tableau 8, ou Tableau 18 avec des pourcentages) basé sur le bilan matière d'une filière à boues activées puisque c'est le procédé de traitement le plus proche du lagunage (cultures libres de bactéries).

Tableau 8. Bilan matière pour un lagunage aéré

	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			4,3	1,575	0,0	N-NH4
	2,5	N-org			2,4	0	0,0	N-org
	0	N-NO2			0	0	0	N-NO2
	0	N-NO3			0,8	0	0	N-NO3
		N-NH3	0,75					N-NH3
		N-NO	0					N-NO
		N-N <sub>2</sub> O	0					N-N <sub>2</sub> O
		N-N <sub>2</sub>	0					N-N <sub>2</sub>
	<b>10</b>	<b>N Total, Entrée</b>	<b>0,75</b>		<b>7,5</b>	<b>1,8</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0000</b>   <b>N Total, Sortie</b>
P-Phosp.	0,4	P-org			0,08	0,168	0	P-org
	1,6	P-PO4			1,5		0	P-PO4
	0	P-P2O5				0,2	0	P-P2O5
	<b>2</b>	<b>P Total, Entrée</b>			<b>1,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0</b>	<b>2,0000</b>   <b>P Total, Sortie</b>
C-Carbone		C-CO2	27,4					C-CO2
		C-CH4	0,1					C-CH4
	45	C-inerte			9,0	8,5	0	C-org
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte
	<b>45</b>	<b>C Total, Entrée</b>	<b>27,54</b>		<b>9</b>	<b>8,46</b>	<b>0</b>	<b>45,0000</b>   <b>C Total, Sortie</b>
ETM	3,60E-05	Cd	0		1,26E-05	2,34E-05	0,00E+00	Cd
	7,20E-05	Hg	5,54E-05		6,48E-06	1,01E-05	0,00E+00	Hg
	1,85E-03	Ni	0		7,97E-04	1,06E-03	0,00E+00	Ni
	1,17E-03	Pb	0		3,16E-04	8,54E-04	0,00E+00	Pb
	1,19E-04	Co	0		1,00E-05	1,90E-05	0,00E+00	Co
	4,68E-04	As	0		3,37E-04	1,31E-04	0,00E+00	As
	8,82E-04	Mo	0		5,56E-04	3,26E-04	0,00E+00	Mo
	2,47E-02	Zn	0		1,06E-02	1,41E-02	0,00E+00	Zn
	1,02E-02	Ba	0		3,57E-03	6,62E-03	0,00E+00	Ba
	9,72E-03	Cu	0		1,65E-03	8,07E-03	0,00E+00	Cu
	1,96E-03	Cr	0		2,94E-04	1,67E-03	0,00E+00	Cr
	3,24E-04	V	0		3,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	V
CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	4,16E-04		2,16E-05	0	0	Dichlorométhane
	5,40E-06	Simazine			5,40E-06	0	0	Simazine
	3,96E-04	2,4-dichlorophénol	0		1,03E-04	2,06E-04	0	2,4-dichlorophénol

### 4.2.1. Carbone

On considère un rendement de 80 % sur la DCO (Alexandre et al. 1998), contrairement à 96 % pour une boues activées. En se basant sur le bilan matière d'une boues activées, il y a donc plus de carbone émis dans l'eau et moins de carbone émis dans les boues et dans l'air ( $\text{CO}_2$  et  $\text{CH}_4$ ). Pour une boues activées (Tableau 2)<sup>2</sup>, 76,1 % du carbone éliminé de l'eau sont émis sous forme de  $\text{CO}_2$ , 0,4 % sont émis sous forme de  $\text{CH}_4$  et 23,5 % sont émis dans les boues (carbone organique). On utilisera cette répartition pour calculer les flux de carbone pour le lagunage aéré.

### 4.2.2. Phosphore

On considère un rendement de 20 % sur le phosphore total (Alexandre et al. 1998). En l'absence de données disponibles, on répartira le phosphore total émis dans l'eau entre phosphate et phosphore organique selon la répartition observée en sortie d'une station à boues activées (sans déphosphatation physico-chimique, Tableau 2), soit 95 % de phosphate et 5 % de phosphore organique. Idem pour le phosphore total transféré dans les boues : 58 % sous forme de pentoxyde de phosphore ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) et 42 % sous forme de phosphore organique.

### 4.2.3. Azote

On considère un rendement de 25 % sur l'azote total (Alexandre et al. 1998). D'après (Alexandre et al. 1998) la nitrification est faible dans les bassins aérés, mais nous ne pouvons pas faire l'hypothèse qu'elle est nulle, sinon il n'y aura pas de nitrate en sortie ce qui pourrait sous-entendre que la dénitrification est complète comme dans le lagunage naturel. On fait donc l'hypothèse que 10 % de l'azote rejeté dans l'eau est sous forme de nitrate. Les 90 % restant sont répartis entre  $\text{NH}_4^+$  et Norg en gardant les mêmes hypothèses que pour le lagunage naturel, soit 64 % de  $\text{NH}_4^+$  et 36 % de Norg.

On a 7,5 g/j/hab de  $\text{NH}_4^+$  en entrée et 4,48 g/j/hab en sortie, donc on pourrait considérer que la différence (5,58 g/j/hab) a été nitrifiée puis dénitrifiée totalement (car pas de nitrates en sortie). Mais quelle part de  $\text{N}_2\text{O}$  émis ? Quelles émissions de  $\text{NH}_3$  ? Quelle part de  $\text{NH}_4$  dans les boues ?

Afin de répartir le reste de l'azote dans les autres compartiments et en l'absence de données, nous faisons les hypothèses suivantes :

- Emissions de  $\text{NH}_3$  : contrairement au lagunage naturel dans lequel nous avons fait l'hypothèse d'une répartition moyenne 40%  $\text{NH}_3$ /60%  $\text{NH}_4^+$  (favorisation de la forme  $\text{NH}_3$  due à l'activité photosynthétique), il n'y a pas de développement d'algues dans la lagune aérée<sup>3</sup> donc la forme prédominante est  $\text{NH}_4^+$ . Nous ferons l'hypothèse d'une répartition moyenne 10%  $\text{NH}_3$ /90%  $\text{NH}_4^+$ . On considère que le  $\text{NH}_4^+$  entrant dans la première lagune subit tout de suite cette répartition, et que tout le  $\text{NH}_3$  est émis dans l'air.
- La nitrification étant faible, nous faisons l'hypothèse que le processus de dénitrification est négligeable.
- L'azote restant est émis dans les boues en respectant la répartition observée en sortie d'une station à boues activées (sans déphosphatation physico-chimique, Tableau 2), soit 90 % de  $\text{NH}_4$  et 10 % de Norg.

### 4.2.4. Micropolluants

On fait l'hypothèse que le bilan matière sur les micropolluants est identique à celui d'une filière à boues activées (Tableau 2 ou Tableau 4).

---

<sup>3</sup> Des algues se développent probablement dans la lagune de décantation.

### 4.3. Lagunage aéré spécial (avec réacteur nitrifiant et déphosphatation)

On fait les hypothèses suivantes :

- Pour le phosphore et l'azote, le bilan matière est égal à celui d'une boues activées avec déphosphatation (Tableau 4)
- Pour le carbone, le bilan matière est égal à celui du lagunage aéré classique ( )
- Pour les micropolluants, le bilan matière est identique à celui d'une boues activées (Tableau 2 ou Tableau 4)

Voir le Tableau 19 pour le bilan matière avec des pourcentages.

Tableau 9. Bilan matière pour un lagunage aéré avec réacteur nitrifiant et déphosphatation

INPUTS Substances Eau Usée (g/(EH*j))		OUTPUTS (g/(EH*j))						TOTAL		
		Emissions et rejets directs			Sous-produits					
		Emissions air	Emissions sol	Rejets eau	CP1	CP2				
					Boues	Autres				
N-Azote	7,5	N-NH4			0,2	2,256	0,0	N-NH4		
	2,5	N-org			0,2	0	0,0	N-org		
	0	N-NO2			0,051	0	0	N-NO2		
	0	N-NO3			0,7	0	0	N-NO3		
		N-NH3	0					N-NH3		
		N-NO	0					N-NO		
		N-N <sub>2</sub> O	0,029					N-N <sub>2</sub> O		
		N-N <sub>2</sub>	6,219					N-N <sub>2</sub>		
<b>10</b>	<b>N Total, Entrée</b>	<b>6,248</b>		<b>1,2</b>	<b>2,5</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0000</b>	<b>N Total, Sortie</b>		
P-Phosp.	0,4	P-org			0,1422	1,0796	0	P-org		
	1,6	P-PO4			0,0		0	P-PO4		
	0	P-P2O5				0,7	0	P-P2O5		
	<b>2</b>	<b>P Total, Entrée</b>			<b>0,2</b>	<b>1,8</b>	<b>0</b>	<b>2,0000</b>	<b>P Total, Sortie</b>	
C-Carbone		C-CO2	27,4					C-CO2		
		C-CH4	0,1					C-CH4		
	45	C-inerte			9,0	8,5	0	C-org		
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte		
	<b>45</b>	<b>C Total, Entrée</b>	<b>27,54</b>		<b>9</b>	<b>8,46</b>	<b>0</b>	<b>45,0000</b>	<b>C Total, Sortie</b>	
ETM	3,60E-05	Cd	0		1,26E-05	2,34E-05	0,00E+00	Cd		
	7,20E-05	Hg	5,54E-05		6,48E-06	1,01E-05	0,00E+00	Hg		
	1,85E-03	Ni	0		7,96E-04	1,05E-03	0,00E+00	Ni		
	1,17E-03	Pb	0		3,16E-04	8,54E-04	0,00E+00	Pb		
	1,19E-04	Co	0		1,00E-04	1,90E-05	0,00E+00	Co		
	4,68E-04	As	0		3,37E-04	1,31E-04	0,00E+00	As		
	8,82E-04	Mo	0		5,56E-04	3,26E-04	0,00E+00	Mo		
	2,47E-02	Zn	0		1,06E-02	1,41E-02	0,00E+00	Zn		
	1,02E-02	Ba	0		3,57E-03	6,63E-03	0,00E+00	Ba		
	9,72E-03	Cu	0		1,65E-03	8,07E-03	0,00E+00	Cu		
	1,96E-03	Cr	0		2,94E-04	1,67E-03	0,00E+00	Cr		
	3,24E-04	V	0		3,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	V		
CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	4,16E-04		2,16E-05	0	0	Dichlorométhane		
	5,40E-06	Simazine			5,40E-06	0	0	Simazine		
	3,96E-04	2,4-dichlorophénol	0		1,90E-04	2,06E-04	0	2,4-dichlorophénol		



## 5. Assainissement non collectif

### 5.1. Fosse toutes eaux + filtre à sable vertical drainé

Tableau 10. Bilan matière pour un assainissement non collectif en fosse toutes eaux avec filtre à sable vertical drainé

	INPUTS Substances Eau Usée (g/(EH*j))		OUTPUTS (g/(EH*j))						TOTAL	
			Emissions et rejets directs			Sous-produits				
			Emissions air	Emissions sol	Rejets eau	CP1	CP2			
						Boues	Autres			
N-Azote	7,5	N-NH4			1,2	0,12	0	N-NH4		
	2,5	N-org			0,4	0,40	0	N-org		
	0	N-NO2			0	0	0	N-NO2		
	0	N-NO3			7,6	0	0	N-NO3		
		N-NH3	0,05					N-NH3		
		N-NO	0					N-NO		
		N-N <sub>2</sub> O	0,18					N-N <sub>2</sub> O		
		N-N <sub>2</sub>	0,05					N-N <sub>2</sub>		
	<b>10</b>	<b>N Total, Entrée</b>	<b>0,28</b>		<b>9,2</b>	<b>0,52</b>	<b>0,0</b>	<b>10,0000</b>	<b>N Total, Sortie</b>	
P-Phosp.	0,4	P-org			0,36	0,19	0	P-org		
	1,6	P-PO4			1,43	0,02	0	P-PO4		
	0	P-P2O5				0	0	P-P2O5		
	<b>2</b>	<b>P Total, Entrée</b>			<b>1,8</b>	<b>0,2</b>	<b>0</b>	<b>2,0000</b>	<b>P Total, Sortie</b>	
C-Carbone		C-CO2	27,0					C-CO2		
		C-CH4	8,0					C-CH4		
	45	C-inerte			1,8	8,2	0	C-org		
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte		
	<b>45</b>	<b>C Total, Entrée</b>	<b>35,0</b>		<b>1,8</b>	<b>8,2</b>	<b>0</b>	<b>45,0000</b>	<b>C Total, Sortie</b>	
ETM	3,60E-05	Cd	0		0	3,60E-05	0	Cd		
	7,20E-05	Hg	0		0	7,20E-05	0	Hg		
	1,85E-03	Ni	0		0	1,85E-03	0	Ni		
	1,17E-03	Pb	0		0	1,17E-03	0	Pb		
	1,19E-04	Co	0		0	1,19E-04	0	Co		
	4,68E-04	As	0		0	4,68E-04	0	As		
	8,82E-04	Mo	0		0	8,82E-04	0	Mo		
	2,47E-02	Zn	0		0	2,47E-02	0	Zn		
	1,02E-02	Ba	0		0	1,02E-02	0	Ba		
	9,72E-03	Cu	0		0	9,72E-03	0	Cu		
	1,96E-03	Cr	0		0	1,96E-03	0	Cr		
	3,24E-04	V	0		0	3,24E-04	0	V		
CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	1,58E-05		2,16E-05	0	0	Dichlorométhane		
	5,40E-06	Simazine			5,40E-06	0	0	Simazine		
	3,96E-04	2,4-dichlorophénol	0		1,90E-04	2,06E-04	0	2,4-dichlorophénol		

## 6. Références

- Alexandre, O. et al., 1998. *FNDAE 22 - Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités*,
- Bollon, J. et al., 2015. *Emissions de N2O des procédés de traitement des ERUs. Synthèse des campagnes de mesure in situ*,
- Boutin, C. et al., 2011. *Modèle ACV – Filière de traitement des eaux usées par boues activées - Rapports d'ACV et données d'inventaire*,
- Catel, L., Risch, E. & Roux, P., 2016. *Analyse , limites et perspectives de la prise en compte des micropolluants dans l'ACV du traitement des eaux usées*,
- Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux, 2005. *Epuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes*. , p.44.
- IWA, 2007. Volume 3. Waste Stabilisation Ponds. In *Biological wastewater treatment in warm climate regions*. IWA Publishing, pp. 1–162.
- 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.
- Molle, P. et al., 2004. Traitement des eaux usées domestiques par marais artificiels : état de l'art et performances des filtres plantés de roseaux en France. *Ingénierie*, numéro spé, pp.23–32.
- Racault, Y. et al., 1997. *Le lagunage naturel : les leçons tirées de 15 ans de pratique en France*,
- 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*,

## 7. Annexes

Tableau 11. Liste des bilans matière dans ACV4E

Bilan matière	Filière de traitement correspondante	Commentaire
CNP1_MIP1	Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical	
CNP2_MIP2	Boues activées (sans déphosphatation), traitement des boues par lits de séchage plantés de roseaux	
CNP2_MIP5	Boues activées (sans déphosphatation) + lagunage tertiaire, traitement des boues par lits de séchage plantés de roseaux	MIP5 = MIP2 x MIP(lagunageIII)
CNP3_MIP2	Boues activées (avec déphosphatation), traitement physico-chimique des boues	
CNP3_MIP4	Boues activées (avec déphosphatation) + filtres à sable et charbon actif, traitement physico-chimique des boues	MIP4 = MIP2 x MIP(filtres)
CNP3_MIP5	Boues activées (avec déphosphatation) + lagunage tertiaire, traitement physico-chimique des boues	MIP5 = MIP2 x MIP(lagunageIII)
CNP4_MIP1	Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical puis horizontal	
CNP4_MIP6	Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical puis horizontal + lagunage tertiaire	MIP6 = MIP1 x MIP(lagunageIII)
CNP5_MIP2	Lagunage aéré + réacteur nitrifiant + déphosphatation physico-chimique	CNP5 = CNP3 adapté pour C
CNP6_MIP3	Lagunage naturel	
CNP7_MIP2	Lagunage aéré	
CNP8_MIP7	Assainissement non collectif	

Tableau 12. Facteurs d'émission du N<sub>2</sub>O des stations d'épuration. Source : (Bollon et al. 2015)

Site (département)	STEU 1 (91)	STEU 2 (78)		STEU 3 (45)		STEU 4 (45)	
Capacité de traitement nominale (EH)	22 000	5 000 000		270		800	
Volume nominal (m <sup>3</sup> /j)	4800	1 700 000		54		120	
Procédé	Boue activée	Biofiltres		Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical		Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical	
Spécifications	Aération prolongée C <sub>m</sub> = 0,085 kgDBO <sub>5</sub> / kgMVS/j	Biofiltres nitrifiants C <sub>v</sub> = 1,2 -1,5 kgN/m <sup>3</sup> de matériaux/j	Biofiltres dénitrifiants C <sub>v</sub> = 2,26 - 2,76 kgN/m <sup>3</sup> de matériaux/j	Etage 1, 3 filtres 324 m <sup>2</sup> Etage 2, 3 filtres 210 m <sup>2</sup> Par filtre : Alimentation (1 semaine) et repos (2 semaines)		Etage 1, 6 filtres 986 m <sup>2</sup> Etage 2, 3 filtres 637 m <sup>2</sup> Par filtre : Alimentation (1 semaine) et repos (2 semaines)	
Période de mesure	Eté (Mai – Juin 2013)	Eté (Septembre 2014)	Hiver (Janvier 2015)	Eté (Septembre 2014)	Hiver (Janvier 2015)	Eté (Juillet 2014)	Printemps (Avril 2015)
Aération Forcée	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
Débit entrant (m <sup>3</sup> /j)	4208	19564 par filtre	20426 par filtre	45363 par filtre	59521 par filtre	67,3	58,7
Abattement de l'azote (%)	NH <sub>4</sub> : 99 NGL : 83	NH <sub>4</sub> : 83	NH <sub>4</sub> : 82	NO <sub>3</sub> : 99	NO <sub>3</sub> : 93	NH <sub>4</sub> : 3,4 NGL : 25	NH <sub>4</sub> : 94 NGL : 34
Facteur d'émission de N <sub>2</sub> O (%) (moyenne ± écart type)	<b>0,19 ± 0,06</b> <sup>3</sup>	<b>2,26 ± 0,46</b> <sup>1</sup>	<b>4,86 ± 0,54</b> <sup>1</sup>	<b>1,28 ± 2,0</b> <sup>2</sup>	<b>0,22 ± 0,31</b> <sup>2</sup>	<b>0,46</b> <sup>3*</sup> (écart-type non applicable – mesure sur un seul cycle)	<b>0,78</b> <sup>3</sup> (incluant le liquide) (écart-type non applicable mesure sur un seul cycle)
Facteurs de variabilité identifiés	- Accumulation de nitrite pendant les phases aérées - Carence en substrat carboné - Variabilité spatiale au niveau de la surface aérée	- Flux d'azote entrant - Température - Durée de filtration - Débit d'air - Nitrite, épaisseur biofilm - Concentration en nitrate de l'influent		- Ratio C/N (gestion de l'ajout de méthanol) - Concentration en oxygène dissous lors du lavage du filtre		- Variabilité spatiale (hétérogénéités du filtre) - Fonctionnement du filtre (alimentation/repos) - Oxygénation du massif filtrant - Température ambiante	

<sup>1</sup>kgN-N<sub>2</sub>O/kg N-NH<sub>4</sub> dégradé,

<sup>2</sup>kgN-N<sub>2</sub>O/kg N-NO<sub>3</sub> dégradé,

<sup>3</sup>kgN-N<sub>2</sub>O/kg N<sub>entrant</sub>. Facteur d'émission gazeux uniquement.

Tableau 13. Bilan matière pour une BA sans déphosphatation avec traitement des boues sur LSPR (pourcentages)

	INPUTS Substances Eau Usée (g/(EH*j))		OUTPUTS (%)						TOTAL
			Emissions et rejets directs			Sous-produits			
			Emissions air	Emissions sol	Rejets eau	CP1	CP2		
						Boues	Autres		
N-Azote	7,5	N-NH4			3,00	22,37	0,00	N-NH4	
	2,5	N-org			6,00	2,48	0,52	N-org	
	0	N-NO2			0,00	0,00	0,00	N-NO2	
	0	N-NO3			3,00	0,00	0,00	N-NO3	
		N-NH3	0,00					N-NH3	
		N-NO	0,00					N-NO	
		N-N <sub>2</sub> O	0,44					N-N <sub>2</sub> O	
		N-N <sub>2</sub>	62,19					N-N <sub>2</sub>	
	<b>10</b>	<b>N Total, Entrée</b>	<b>62,6</b>		<b>12,0</b>	<b>24,9</b>	<b>0,5</b>	<b>100</b>	<b>N Total, Sortie</b>
P-Phosp.	0,4	P-org			3	17,15	0	P-org	
	1,6	P-PO4			56		0	P-PO4	
	0	P-P2O5				23,85	0	P-P2O5	
	<b>2</b>	<b>P Total, Entrée</b>			<b>59</b>	<b>41</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>P Total, Sortie</b>
C-Carbone		C-CO2	73,08					C-CO2	
		C-CH4	0,34					C-CH4	
	45	C-inerte			4	22,58	0	C-org	
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte	
	<b>45</b>	<b>C Total, Entrée</b>	<b>73,42</b>		<b>4</b>	<b>22,58</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>C Total, Sortie</b>
ETM	3,60E-05	Cd	0		35	65	0	Cd	
	7,20E-05	Hg	77		9	14	0	Hg	
	1,85E-03	Ni	0		43	57	0	Ni	
	1,17E-03	Pb	0		27	73	0	Pb	
	1,19E-04	Co	0		84	16	0	Co	
	4,68E-04	As	0		72	28	0	As	
	8,82E-04	Mo	0		63	37	0	Mo	
	2,47E-02	Zn	0		43	57	0	Zn	
	1,02E-02	Ba	0		35	65	0	Ba	
	9,72E-03	Cu	0		17	83	0	Cu	
	1,96E-03	Cr	0		15	85	0	Cr	
	3,24E-04	V	0		100	0	0	V	
	CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	88		12	0	0	Dichlorométhane
5,40E-06		Simazine			100	0	0	Simazine	
3,96E-04		2,4-dichlorophénol	0		48	52	0	2,4-dichlorophénol	

Tableau 14. Bilan matière pour une BA avec déphosphatation et avec traitement physico-chimique des boues (pourcentages)

	INPUTS Substances Eau Usée (g/(EH*j))		OUTPUTS (%)						
			Emissions et rejets directs			Sous-produits		TOTAL	
			Emissions air	Emissions sol	Rejets eau	CP1	CP2		
						Boues	Autres		
N-Azote	7,5	N-NH4			3,00	23,14	0	N-NH4	
	2,5	N-org			6,00	2,48	0	N-org	
	0	N-NO2			0	0	0	N-NO2	
	0	N-NO3			3	0	0	N-NO3	
		N-NH3	0					N-NH3	
		N-NO	0					N-NO	
		N-N <sub>2</sub> O	0,19					N-N <sub>2</sub> O	
		N-N <sub>2</sub>	62,19					N-N <sub>2</sub>	
	<b>10</b>	<b>N Total, Entrée</b>	<b>62,38</b>		<b>12,00</b>	<b>25,62</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>N Total, Sortie</b>
P-Phosp.	0,4	P-org			7	53,98	0	P-org	
	1,6	P-PO4			2,2		0	P-PO4	
	0	P-P2O5				36,82	0	P-P2O5	
	<b>2</b>	<b>P Total, Entrée</b>			<b>9,2</b>	<b>90,8</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>P Total, Sortie</b>
C-Carbone		C-CO2	41,46					C-CO2	
		C-CH4	0,2					C-CH4	
	45	C-inerte			4	54,34	0	C-org	
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte	
	<b>45</b>	<b>C Total, Entrée</b>	<b>41,66</b>		<b>4</b>	<b>54,34</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>C Total, Sortie</b>
ETM	3,60E-05	Cd	0		35	65	0	Cd	
	7,20E-05	Hg	77		9	14	0	Hg	
	1,85E-03	Ni	0		43	57	0	Ni	
	1,17E-03	Pb	0		27	73	0	Pb	
	1,19E-04	Co	0		84	16	0	Co	
	4,68E-04	As	0		72	28	0	As	
	8,82E-04	Mo	0		63	37	0	Mo	
	2,47E-02	Zn	0		43	57	0	Zn	
	1,02E-02	Ba	0		35	65	0	Ba	
	9,72E-03	Cu	0		17	83	0	Cu	
	1,96E-03	Cr	0		15	85	0	Cr	
	3,24E-04	V	0		100	0	0	V	
CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	88		12	0	0	Dichlorométhane	
	5,40E-06	Simazine			100	0	0	Simazine	
	3,96E-04	2,4-dichlorophénol	0		48	52	0	2,4-dichlorophénol	

Tableau 15. Bilan matière pour un FPRv (pourcentages)

	INPUTS Substances Eau Usée (g/(EH*j))		OUTPUTS (%)						
			Emissions et rejets directs			Sous-produits		TOTAL	
			Emissions air	Emissions sol	Rejets eau	CP1	CP2		
						Boues	Autres		
N-Azote	7,5	N-NH4			2,5	7,5	1,0	N-NH4	
	2,5	N-org			18,0	0	7,6	N-org	
	0	N-NO2			0	0	0	N-NO2	
	0	N-NO3			62,62	0	0	N-NO3	
		N-NH3	0					N-NH3	
		N-NO	0					N-NO	
		N-N <sub>2</sub> O	0,78					N-N <sub>2</sub> O	
		N-N <sub>2</sub>	0					N-N <sub>2</sub>	
	<b>10</b>	<b>N Total, Entrée</b>	<b>0,78</b>		<b>83,12</b>	<b>7,5</b>	<b>8,6</b>	<b>100</b>   <b>N Total, Sortie</b>	
P-Phosp.	0,4	P-org			0	0	2,5	P-org	
	1,6	P-PO4			75,0		0,5	P-PO4	
	0	P-P2O5				22,0	0	P-P2O5	
	<b>2</b>	<b>P Total, Entrée</b>			<b>75,0</b>	<b>22,0</b>	<b>3</b>	<b>100</b>   <b>P Total, Sortie</b>	
C-Carbone		C-CO2	66,3					C-CO2	
		C-CH4	0,34					C-CH4	
	45	C-inerte			1,67	31,69	0	C-org	
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte	
	<b>45</b>	<b>C Total, Entrée</b>	<b>66,64</b>		<b>1,67</b>	<b>31,69</b>	<b>0</b>	<b>100</b>   <b>C Total, Sortie</b>	
ETM	3,60E-05	Cd	0		85	7,5	7,5	Cd	
	7,20E-05	Hg	45		15	20,0	20	Hg	
	1,85E-03	Ni	0		85	7,5	7,5	Ni	
	1,17E-03	Pb	0		50	25,0	25	Pb	
	1,19E-04	Co	0		85	7,5	7,5	Co	
	4,68E-04	As	0		85	7,5	7,5	As	
	8,82E-04	Mo	0		85	7,5	7,5	Mo	
	2,47E-02	Zn	0		50	25,0	25	Zn	
	1,02E-02	Ba	0		85	7,5	7,5	Ba	
	9,72E-03	Cu	0		85	7,5	7,5	Cu	
	1,96E-03	Cr	0		85	7,5	7,5	Cr	
	3,24E-04	V	0		85	7,5	7,5	V	
CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	0		100	0	0	Dichlorométhane	
	5,40E-06	Simazine			85	15	0	Simazine	
	3,96E-04	2,4-dichlorophénol	0		50	50	0	2,4-dichlorophénol	

Tableau 16. Bilan matière pour un FPRv+h (pourcentages)

	INPUTS Substances Eau Usée (g/(EH*j))		OUTPUTS (%)						
			Emissions et rejets directs			Sous-produits		TOTAL	
			Emissions air	Emissions sol	Rejets eau	CP1	CP2		
						Boues	Autres		
N-Azote	7,5	N-NH4			17,3	7,5	1	N-NH4	
	2,5	N-org			18,0	0	12,2	N-org	
	0	N-NO2			0	0	0	N-NO2	
	0	N-NO3			12,0	0	0	N-NO3	
		N-NH3	0					N-NH3	
		N-NO	0					N-NO	
		N-N <sub>2</sub> O	1,0					N-N <sub>2</sub> O	
		N-N <sub>2</sub>	31,0					N-N <sub>2</sub>	
		<b>10</b>	<b>N Total, Entrée</b>	<b>32</b>		<b>47,3</b>	<b>7,5</b>	<b>13,2</b>	<b>100,0000</b>
P-Phosp.	0,4	P-org			0	0	4,0	P-org	
	1,6	P-PO4			73,5		0,5	P-PO4	
	0	P-P2O5				22,0	0	P-P2O5	
	<b>2</b>	<b>P Total, Entrée</b>			<b>73,5</b>	<b>22,0</b>	<b>4,5</b>	<b>100,0000</b>	<b>P Total, Sortie</b>
C-Carbone		C-CO2	66,3					C-CO2	
		C-CH4	0,34					C-CH4	
	45	C-inerte			1,67	31,69	0	C-org	
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte	
	<b>45</b>	<b>C Total, Entrée</b>	<b>66,64</b>		<b>1,67</b>	<b>31,69</b>	<b>0</b>	<b>100,0000</b>	<b>C Total, Sortie</b>
ETM	3,60E-05	Cd	0		85	7,5	7,5	Cd	
	7,20E-05	Hg	45		15	20,0	20	Hg	
	1,85E-03	Ni	0		85	7,5	7,5	Ni	
	1,17E-03	Pb	0		50	25,0	25	Pb	
	1,19E-04	Co	0		85	7,5	7,5	Co	
	4,68E-04	As	0		85	7,5	7,5	As	
	8,82E-04	Mo	0		85	7,5	7,5	Mo	
	2,47E-02	Zn	0		50	25,0	25	Zn	
	1,02E-02	Ba	0		85	7,5	7,5	Ba	
	9,72E-03	Cu	0		85	7,5	7,5	Cu	
	1,96E-03	Cr	0		85	7,5	7,5	Cr	
	3,24E-04	V	0		85	7,5	7,5	V	
CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	0		100	0	0	Dichlorométhane	
	5,40E-06	Simazine			85	15	0	Simazine	
	3,96E-04	2,4-dichlorophénol	0		50	50	0	2,4-dichlorophénol	

Tableau 17. Bilan matière pour un lagunage naturel (pourcentages)

	INPUTS Substances Eau Usée (g/(EH*j))		OUTPUTS (%)						
			Emissions et rejets directs			Sous-produits		TOTAL	
			Emissions air	Emissions sol	Rejets eau	CP1	CP2		
						Boues	Autres		
N-Azote	7,5	N-NH4			19,20	12,78	0	N-NH4	
	2,5	N-org			10,80	1,42	0	N-org	
	0	N-NO2			0	0	0	N-NO2	
	0	N-NO3			0	0	0	N-NO3	
		N-NH3	30					N-NH3	
		N-NO	0					N-NO	
		N-N <sub>2</sub> O	0,26					N-N <sub>2</sub> O	
		N-N <sub>2</sub>	25,54					N-N <sub>2</sub>	
	10	<i>N Total, Entrée</i>	55,8		30,0	14,2	0,0	100	<i>N Total, Sortie</i>
P-Phosp.	0,4	P-org			1,75	27,3	0	P-org	
	1,6	P-PO4			33,25		0	P-PO4	
	0	P-P2O5				37,7	0	P-P2O5	
	2	<i>P Total, Entrée</i>			35,0	65,0	0	100	<i>P Total, Sortie</i>
C-Carbone		C-CO2	57,1					C-CO2	
		C-CH4	0,3					C-CH4	
	45	C-inerte			25	17,6	0	C-org	
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte	
	45	<i>C Total, Entrée</i>	57,4		25	17,6	0	100	<i>C Total, Sortie</i>
ETM	3,60E-05	Cd	0		15	85	0	Cd	
	7,20E-05	Hg	42,5		15	42,5	0	Hg	
	1,85E-03	Ni	0		85	15	0	Ni	
	1,17E-03	Pb	0		15	85	0	Pb	
	1,19E-04	Co	0		85	15	0	Co	
	4,68E-04	As	0		85	15	0	As	
	8,82E-04	Mo	0		50	50	0	Mo	
	2,47E-02	Zn	0		15	85	0	Zn	
	1,02E-02	Ba	0		50	50	0	Ba	
	9,72E-03	Cu	0		15	85	0	Cu	
	1,96E-03	Cr	0		15	85	0	Cr	
3,24E-04	V	0		85	15	0	V		
CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	88		12	0	0	Dichlorométhane	
	5,40E-06	Simazine			100	0	0	Simazine	
	3,96E-04	2,4-dichlorophénol	0		48	52	0	2,4-dichlorophénol	



Tableau 18. Bilan matière pour un lagunage aéré (pourcentages)

	INPUTS Substances Eau Usée (g/(EH*j))		OUTPUTS (%)						
			Emissions et rejets directs			Sous-produits		TOTAL	
			Emissions air	Emissions sol	Rejets eau	CP1	CP2		
						Boues	Autres		
N-Azote	7,5	N-NH4			43,20	15,75	0	N-NH4	
	2,5	N-org			24,30	1,75	0	N-org	
	0	N-NO2			0	0	0	N-NO2	
	0	N-NO3			7,5	0	0	N-NO3	
		N-NH3	7,5					N-NH3	
		N-NO	0					N-NO	
		N-N <sub>2</sub> O	0					N-N <sub>2</sub> O	
		N-N <sub>2</sub>	0					N-N <sub>2</sub>	
	10	<i>N Total, Entrée</i>	7,5		75,0	17,5	0,0	100	<i>N Total, Sortie</i>
P-Phosp.	0,4	P-org			4	8,4	0	P-org	
	1,6	P-PO4			76		0	P-PO4	
	0	P-P2O5				11,6	0	P-P2O5	
	2	<i>P Total, Entrée</i>			80,0	20,0	0	100	<i>P Total, Sortie</i>
C-Carbone		C-CO2	60,88					C-CO2	
		C-CH4	0,32					C-CH4	
	45	C-inerte			20	18,8	0	C-org	
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte	
	45	<i>C Total, Entrée</i>	61,2		20	18,8	0	100	<i>C Total, Sortie</i>
ETM	3,60E-05	Cd	0		35	65	0	Cd	
	7,20E-05	Hg	77,0		9	14	0	Hg	
	1,85E-03	Ni	0		43	57	0	Ni	
	1,17E-03	Pb	0		27	73	0	Pb	
	1,19E-04	Co	0		84	16	0	Co	
	4,68E-04	As	0		72	28	0	As	
	8,82E-04	Mo	0		63	37	0	Mo	
	2,47E-02	Zn	0		43	57	0	Zn	
	1,02E-02	Ba	0		35	65	0	Ba	
	9,72E-03	Cu	0		17	83	0	Cu	
	1,96E-03	Cr	0		15	85	0	Cr	
3,24E-04	V	0		100	0	0	V		
CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	88		12	0	0	Dichlorométhane	
	5,40E-06	Simazine			100	0	0	Simazine	
	3,96E-04	2,4-dichlorophénol	0		48	52	0	2,4-dichlorophénol	

Tableau 19. Bilan matière pour un lagunage aéré avec réacteur nitrifiant et déphosphatation (pourcentages)

	INPUTS Substances Eau Usée (g/(EH*))		OUTPUTS (%)						
			Emissions et rejets directs			Sous-produits		TOTAL	
			Emissions air	Emissions sol	Rejets eau	CP1	CP2		
						Boues	Autres		
N-Azote	7,5	N-NH4			3,00	23,14	0	N-NH4	
	2,5	N-org			6,00	2,48	0	N-org	
	0	N-NO2			0	0	0	N-NO2	
	0	N-NO3			3	0	0	N-NO3	
		N-NH3	0					N-NH3	
		N-NO	0					N-NO	
		N-N <sub>2</sub> O	0,19					N-N <sub>2</sub> O	
		N-N <sub>2</sub>	62,19					N-N <sub>2</sub>	
	<b>10</b>	<b>N Total, Entrée</b>	<b>62,38</b>		<b>12,00</b>	<b>25,62</b>	<b>0,0</b>	<b>100</b>	<b>N Total, Sortie</b>
P-Phosp.	0,4	P-org			7,00	53,98	0	P-org	
	1,6	P-PO4			2,2		0	P-PO4	
	0	P-P2O5				36,82	0	P-P2O5	
	<b>2</b>	<b>P Total, Entrée</b>			<b>9,2</b>	<b>90,8</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>P Total, Sortie</b>
C-Carbone		C-CO2	60,88					C-CO2	
		C-CH4	0,32					C-CH4	
	45	C-inerte			20	18,8	0	C-org	
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte	
	<b>45</b>	<b>C Total, Entrée</b>	<b>61,2</b>		<b>20</b>	<b>18,8</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>C Total, Sortie</b>
ETM	3,60E-05	Cd	0		35	65	0	Cd	
	7,20E-05	Hg	77		9	14	0	Hg	
	1,85E-03	Ni	0		43	57	0	Ni	
	1,17E-03	Pb	0		27	73	0	Pb	
	1,19E-04	Co	0		84	16	0	Co	
	4,68E-04	As	0		72	28	0	As	
	8,82E-04	Mo	0		63	37	0	Mo	
	2,47E-02	Zn	0		43	57	0	Zn	
	1,02E-02	Ba	0		35	65	0	Ba	
	9,72E-03	Cu	0		17	83	0	Cu	
	1,96E-03	Cr	0		15	85	0	Cr	
	3,24E-04	V	0		100	0	0	V	
CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	88		12	0	0	Dichlorométhane	
	5,40E-06	Simazine			100	0	0	Simazine	
	3,96E-04	2,4-dichlorophénol	0		48	52	0	2,4-dichlorophénol	

Tableau 20. Bilan matière pour un assainissement non collectif en fosse toutes eaux avec filtre à sable vertical drainé

	INPUTS Substances Eau Usée (g/(EH*j))		OUTPUTS (%)						
			Emissions et rejets directs			Sous-produits		TOTAL	
			Emissions air	Emissions sol	Rejets eau	CP1	CP2		
						Boues	Autres		
N-Azote	7,5	N-NH4			12,00	1,2	0	N-NH4	
	2,5	N-org			4,00	4,0	0	N-org	
	0	N-NO2			0	0	0	N-NO2	
	0	N-NO3			76	0	0	N-NO3	
		N-NH3	0,5					N-NH3	
		N-NO	0					N-NO	
		N-N <sub>2</sub> O	1,8					N-N <sub>2</sub> O	
		N-N <sub>2</sub>	0,5					N-N <sub>2</sub>	
	<b>10</b>	<b>N Total, Entrée</b>	<b>2,8</b>		<b>92,0</b>	<b>5,2</b>	<b>0,0</b>	<b>100,0000</b>	<b>N Total, Sortie</b>
P-Phosp.	0,4	P-org			17,9	9,5	0	P-org	
	1,6	P-PO4			71,6	1,1	0	P-PO4	
	0	P-P2O5				0	0	P-P2O5	
	<b>2</b>	<b>P Total, Entrée</b>			<b>89,5</b>	<b>10,5</b>	<b>0</b>	<b>100,0000</b>	<b>P Total, Sortie</b>
C-Carbone		C-CO2	59,9					C-CO2	
		C-CH4	17,8					C-CH4	
	45	C-inerte			4,0	18,3	0	C-org	
	0	C-DBO5			0	0	0	C-inerte	
	<b>45</b>	<b>C Total, Entrée</b>	<b>77,7</b>		<b>4</b>	<b>18,3</b>	<b>0</b>	<b>100,0000</b>	<b>C Total, Sortie</b>
ETM	3,60E-05	Cd	0		0	100	0	Cd	
	7,20E-05	Hg	0		0	100	0	Hg	
	1,85E-03	Ni	0		0	100	0	Ni	
	1,17E-03	Pb	0		0	100	0	Pb	
	1,19E-04	Co	0		0	100	0	Co	
	4,68E-04	As	0		0	100	0	As	
	8,82E-04	Mo	0		0	100	0	Mo	
	2,47E-02	Zn	0		0	100	0	Zn	
	1,02E-02	Ba	0		0	100	0	Ba	
	9,72E-03	Cu	0		0	100	0	Cu	
	1,96E-03	Cr	0		0	100	0	Cr	
	3,24E-04	V	0		0	100	0	V	
CTO	1,80E-04	Dichlorométhane	88		12	0	0	Dichlorométhane	
	5,40E-06	Simazine			100	0	0	Simazine	
	3,96E-04	2,4-dichlorophénol	0		48	52	0	2,4-dichlorophénol	