HAL
open science

Modèle ACV – Filière de traitement des Eaux usées par Boues Activées. Rapports d'ACV et données d'inventaire.

Catherine Boutin, Sylvie Gillot, A. Heduit, I. Mur, Eva Risch, P. Roux

To cite this version:

Catherine Boutin, Sylvie Gillot, A. Heduit, I. Mur, Eva Risch, et al.. Modèle ACV – Filière de traitement des Eaux usées par Boues Activées. Rapports d'ACV et données d'inventaire.. irstea. 2011, pp.77. hal-02598013

HAL Id: hal-02598013

https://hal.inrae.fr/hal-02598013

Submitted on 15 May 2020

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

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

Partenariat 2010 - Domaine Ecotechnologies et pollutions
Action 28-1 « Analyse environnementale de cycle de vie du système assainissement »

Modèle ACV – Filière de traitement des eaux usées par Boues Activées (BA)

Rapports d'ACV et données d'inventaire

Rapport d'étape

Catherine BOUTIN, Sylvie GILLOT, Alain HEDUIT, Ivan MUR, Eva RISCH, Philippe ROUX

Août 2011
*Référence Cemagref : Onema/**acv02***

Contexte de programmation et de réalisation

L'efficacité d'une station de traitement des eaux usées se mesure classiquement par la qualité de ses rejets dans les milieux aquatiques. Mais ce traitement est obtenu avec pour conséquences d'autres impacts environnementaux qui se produisent lors de la construction, de l'exploitation, du fonctionnement et du démantèlement du système d'assainissement dans sa globalité. L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) environnementale est la seule méthode d'évaluation, capable de quantifier ces impacts sur l'ensemble du cycle de vie du système. Associée à des approches plus locales telles que les études d'impacts qui prennent mieux en compte les spécificités du site, l'ACV permet d'éviter les transferts de pollution.

Afin que l'ACV puise devenir progressivement un indicateur supplémentaire décisionnel d'un choix objectif, il convient de l'appliquer progressivement aux différents systèmes d'assainissement tout en améliorant la méthodologie. C'est dans ce contexte que l'ONEMA a confié au Cemagref cette action visant à développer les connaissances et à proposer des outils et des méthodes autour de l'approche ACV des systèmes d'assainissement.

Ce rapport doit être considéré comme un « Rapport d'étape » présentant l'avancé des travaux réalisés en 2010 dans le cadre de l'action 28-1. Les travaux présentés ici se poursuivront dans le cadre d'une action Onema-Cemagref 2011. Ils permettront la réalisation de rapports consolidés et de communications scientifiques ou techniques diffusables en externe.

Les auteurs

Catherine BOUTIN[2], Sylvie GILLOT[3], Alain HEDUIT[3], Ivan MUR[1], Eva RISCH[1], Philippe ROUX[1]

1. Cemagref Montpellier (34), UMR ITAP, pôle ELSA (www.elsa-lca.org)
2. Cemagref Lyon (69), UR MALY, Milieux Aquatiques, Ecologie et Pollutions
3. Cemagref Antony (92), UR HBAN, Hydrosystèmes et bioprocédés

Les correspondants

Onema : Stéphane Garnaud *stephane.garnaud@onema.fr*

Cemagref : *Philippe Roux, Cemagref ITAP, pôle ELSA, philippe.roux@cemagref.fr*

Référence du document : acv02_onema (version 03)

Droits d'usage :	*Accès libre*
Couverture géographique :	*France*
Niveau géographique :	*National*
Niveau de lecture :	*Public Onema–Cemagref et Copil*
Nature de la ressource :	*Rapport d'étape*

Modèle ACV – Filière de traitement des eaux usées par Boues Activées (BA)
Rapports d'ACV et données d'inventaire

Rapport d'étape

Catherine BOUTIN, Sylvie GILLOT, Alain HEDUIT, Ivan MUR, Eva RISCH, Philippe ROUX

Sommaire

1. RESUME 4
2. ABSTRACT 5
3. SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE 6
4. GLOSSAIRE 7
5. ABREVIATIONS 7
6. INTRODUCTION 8
6.1. AVANT PROPOS 8
6.2. DESCRIPTION D'UNE FILIERE DE TRAITEMENT DES EAUX USEES DOMESTIQUES PAR BOUES ACTIVEES 8
7. OBJECTIFS ET CHAMP DE L'ETUDE 10
7.1. DESCRIPTION DE L'ETUDE 10
7.2. UNITE FONCTIONNELLE ET BASE DE COMPARAISON INTER-CLASSES DE CAPACITE 11
7.3. FRONTIERES DES SYSTEMES ETUDIES 13
7.4. DESCRIPTION DES AFFLUENTS ET EFFLUENTS DES STEU 14
7.5. BOUES GENEREES EN SORTIE DE STEU 16
7.6. FIN DE VIE DES BOUES D'EPURATION 17
7.7. DESCRIPTION ET DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES BA 17
7.8. DECOUPAGE DU SYSTEME BA 20
8. INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE DES STEU 22
8.1. INVENTAIRE (LCI) DU SYSTEME BA 1500 EH 22
8.2. INVENTAIRE (LCI) DU SYSTEME BA 5200 EH, VERSION RHIZOCOMPOSTAGE 29
8.3. INVENTAIRE (LCI) DU SYSTEME BA 5200 EH, VERSION CONDITIONNEMENT PHYSICO-CHIMIQUE 36
8.4. BILANS DE MATIERE DU SYSTEME BA 44
8.5. FIN DE VIE DES BOUES : MODULE EPANDAGE/COMPOSTAGE 48
9. EVALUATION DES IMPACTS (LCIA) 50
10. CONCLUSIONS 58
11. ANNEXES 59
11.1. REFERENCES 59
11.2. ANNEXES TECHNIQUES 60

Modèle ACV – Filière de traitement des eaux usées par Boues Activées (BA)
Rapports d'ACV et données d'inventaire

Rapport d'étape

Catherine BOUTIN, Sylvie GILLOT, Alain HEDUIT, Ivan MUR, Eva RISCH, Philippe ROUX

1. Résumé

Le présent rapport d'étape concerne l'analyse environnementale de cycle de vie (ACV) d'une filière de traitement des eaux usées domestiques par boues activées. Les données d'inventaire relatives à la construction et opération de trois variantes de stations de traitement des eaux usées mettant en œuvre la technologie « boues activées » sont compilées dans ce document. Cette action a nécessité une collaboration étroite entre les spécialistes de l'évaluation environnementale et les experts des filières de traitement des eaux usées du Cemagref.

MOTS CLES
Analyse du cycle de vie, boues activées, station de traitement des eaux usées

LCA model – Wastewater treatment plant with Activated Sludge technology
LCA study and inventory data

Progress report

Catherine BOUTIN, Sylvie GILLOT, Alain HEDUIT, Ivan MUR, Eva RISCH, Philippe ROUX

2. Abstract

The present document scopes the LCA (Life Cycle Assessment) of an activated sludge (AS) treatment technology designed for domestic sewage. Inventory data relative to construction and operation of three variants of AS wastewater treatment plants are described in this document. This action required a close collaboration between Cemagref specialists in environmental assessment and experts in sanitation.

KEY WORDS

Life Cycle Assessment, activated sludge, wastewater treatment plant, sewage

Modèle ACV – Filière de traitement des eaux usées par Boues Activées (BA)
Rapports d'ACV et données d'inventaire

Rapport d'étape

Catherine BOUTIN, Sylvie GILLOT, Alain HEDUIT, Ivan MUR, Eva RISCH, Philippe ROUX

3. Synthèse pour l'action opérationnelle

L'action 28-1 engagée en 2010 sur l'analyse environnementale de cycle de vie (ACV) du système assainissement a permis de réaliser les premières ACV du système. Elle a ainsi permis d'identifier les manques de connaissances et de méthodologies pour mener à bien ce type d'approche. Cette action se poursuivra en 2011 (action 24) en y incluant les travaux complémentaires suivants :

A1 – Finalisation de l'interprétation des résultats obtenus en 2010.

A2 – Rédaction d'un avant projet de recommandations pour la conduite des ACV de systèmes d'assainissement.

A3 – Etablissement d'un cahier des charges de calculateur simplifié d'ACV de systèmes d'assainissement.

A4 – Réalisation d'ACV complémentaires de stations de traitement des eaux usées (STEU – type filtres plantés de roseaux et boues activées) pour enrichir le calculateur simplifié (A3) et évaluer certains effets (échelle, qualité des rejets, …) sur les performances environnementales des STEU.

A5 – Présentation lors d'un colloque.

Les premiers acquis transférables (implications pratiques, recommandations, réalisations pratiques, limites de l'utilisation) ne pourront donc être obtenus qu'en 2011. Dans ce contexte, le présent rapport d'étape a un caractère confidentiel.

Autres rapports concernant cette action :

Rapport ONEMA		Date	Statut de diff.	Actions concernées - Commentaires
acv01_onema	Rapport de synthèse Action 28-1 (2010) – Version non diffusable en externe	9 mars 2011	CONFI-DENTIEL	Regroupement des RTI 01 à 05

4. Glossaire

Charge hydraulique : débit journalier reçu par la station sous forme de hauteur d'eau (exprimée en m^3/jour).

Charge organique : masse journalière de pollution reçue par la station (exprimée en kg/jour). La charge organique peut être calculée à partir de la DBO_5 ou de la DCO.

Equivalent-Habitant (EH) : défini par la Directive Européenne Eaux Résiduaires Urbaines (DERU) comme une charge journalière correspondant à 60 g de DBO_5. On peut dériver ensuite la DCO de la DBO_5 des eaux brutes par le ratio DCO/DBO_5, qui peut varier entre 1,5 et 3 selon la biodégradabilité des eaux brutes. D'après Doka (2007), en ce qui concerne les eaux brutes Suisses, le ratio DCO/DBO_5 utilisé est pris égal à 1,5 ; ce qui est très différent des ratios habituellement utilisés pour les EH Français, entre 2 et 2,4.

Habitant (hab.) : définit une charge de pollution journalière d'un Français moyen en milieu rural, ce qui correspond d'après Canler et Perret (2007) à : 50 g de DBO_5 et 120 g de DCO dans 150 L d'eau consommée. Ceci correspond à un ratio DCO/DBO_5 de 2,4.

5. Abréviations

ACV : Analyse de Cycle de Vie

BA : Boues Activées

CTO : Composés Traces Organiques

DBO_5 : Demande Biochimique en Oxygène, mesurée sur 5 jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DERU : Directive Européenne Eaux Résiduaires Urbaines. Directive n°91/271/CEE du 21 mai 1991

ETM : Eléments Traces Métalliques

STEU : Station de Traitement des Eaux Usées

6. Introduction

6.1. Avant Propos

Cette étude a pour objectif de réaliser l'inventaire des impacts environnementaux (LCI) de la filière de traitement par boues activées. Ces données seront ensuite intégrées en une suite logicielle de modules permettant de reconstituer le ou les système(s) d'assainissement d'intérêt, afin de les comparer par l'approche Analyse de Cycle de Vie (ACV).

6.2. Description d'une filière de traitement des eaux usées domestiques par boues activées

La filière de traitement des eaux usées par boues activées en aération prolongée est la plus répandue en France. Pour les stations de traitement des eaux usées (STEU) de petites capacités (< 1 500 EH), il n'y a pas de déphosphatation poussée, en complément de la déphosphatation biologique. Pour les STEU de capacité supérieure, en l'occurrence dès 5 200 EH, un traitement physico-chimique du phosphore sera préconisé, afin d'obtenir des rejets satisfaisant aux exigences réglementaires.

× Descriptif d'ensemble

Les STEU par boues activées comportent généralement quatre étapes de traitement, explicitées en détails à la Figure 1 :

Pré-traitements : procédés physiques i.e. dégrillage, dégraissage/dessablage ;
Traitement primaire : décantation physique, associée ou non à des réactifs chimiques ;
Traitement secondaire : biologique ;
Traitement tertiaire : compléments de traitement par voie physique, chimique ou biologique ; affinage de celui-ci (i.e. déphosphatation) sur C/N/P et/ou bactéries/pathogènes.

Type de traitement	Actions	Processus mis en place
Pré traitements	Sur les matières grossières et les sables (Protection des appareillages électromécaniques) et sur les matières graisseuses (flottants)	Physique (mécanique)
Traitement primaire	Sur les matières décantables et colloïdales (si traitement chimique)	Physique (décantation) associé ou non à des réactifs chimiques
Traitement secondaire	Sur les matières particulaires, colloïdales et dissoutes	Biologique
Traitement tertiaire	Compléments de traitement, affinage du traitement : carbone, azote, phosphore et/ou bactéries	Biologique ou autres : physique (décantation, UV,..), chimiques (phosphore, désinfection)

Figure 1. Définition des différentes étapes de traitement (FNDAE N°34)

✖ Principe de fonctionnement

Les pollutions véhiculées par les eaux résiduaires urbaines (ERU) admises en entrée de STEU des collectivités sont de trois types :

La pollution carbonée : DCO, DBO_5 et MES,
La pollution azotée : Azote Kjeldahl (NTK), somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal ($N\text{-}NH_4^+$),
La pollution phosphorée : Phosphore Total (PT), somme du phosphore organique et d'orthophosphates ($P\text{-}PO_4$).

Ces trois types de pollution se répartissent en trois classes physiques : particulaire, colloïdale et soluble, et sont la cible de différents traitements en série (Tableau 1).

Tableau 1. Classes de traitements pour les pollutions des ERU

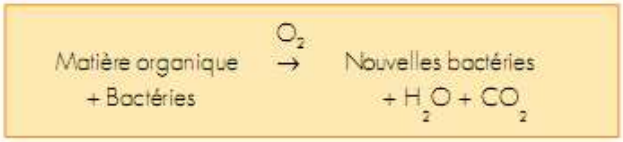
		Fraction Particulaire	Fraction Colloïdale	Fraction Soluble
Procédé de traitement	**Physique**	x		
	Physico-chimique	x	x	x (1)
	Biologique	x	x	x (2)

(1) Négligeable sauf pour les orthophosphates P-PO4, qui sont solubles précipitables
(2) Indispensable pour l'abattement de la fraction soluble

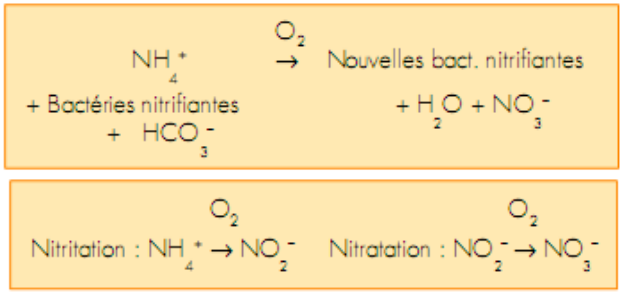
La matière carbonée (fraction soluble) est traitée de façon poussée par voie biologique : le métabolisme des bactéries aérobies requiert un apport de nutriments azotés et phosphorés (respect d'un ratio de DBO_5 / $N\text{-}NH_4$ / $P\text{-}PO_4$ de 100 / 5 / 1). Ainsi, pour un traitement biologique d'une ERU, les abattements en azote et en phosphore sont de l'ordre de 20 % à 25 %.

L'azote est spécifiquement traité dans une zone aérée, par assimilation, et une alternance de phases aérées (nitrification) et non aérées (dénitrification) :

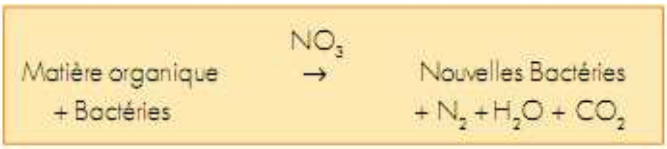
- Une partie de l'azote incluant notamment l'azote organique particulaire est éliminée par assimilation de la matière carbonée par des bactéries hétérotrophes aérobies en présence d'oxygène dissous.



- La nitrification par bactéries autotrophes nitrifiantes en présence d'oxygène dissous, transforme l'azote ammoniacal ($N\text{-}NH_4$) en nitrates ($N\text{-}NO_3$), et se décompose en réalité en deux étapes successives : la nitritation et la nitratation.



- La dénitrification par des bactéries hétérotrophes en l'absence d'oxygène dissous et de présence de nitrates réalise la réduction des nitrates en azote moléculaire (N_2), gazeux :



Le document technique FNDAE N°25 renseigne en détai l sur les mécanismes de ces réactions, d'où elles sont extraites.

Le phosphore est traité par deux techniques, une par voie biologique et la seconde par voie physico-chimique.

- La déphosphatation biologique, ou encore traitement par sur-accumulation[1], utilise les bactéries déphosphatantes comme catalyseurs biochimiques. Le rendement d'élimination est généralement entre 60 et 70 % pour une eau résiduaire normalement concentrée. Si les eaux sont diluées (eaux parasites ou par temps de pluie sur les réseaux unitaires), le rendement de déphosphatation chute à 30-50 %.
- Le traitement physico-chimique peut être préconisé, en complément de la déphosphatation biologique à différentes étapes de la chaîne de traitement (en amont, en aval ou à l'intérieur même du réacteur biologique). Ce traitement ne vise que les orthophosphates, forme dissoute du phosphore, qui seront précipités avec les réactifs ferriques. Les performances obtenues dépendent de l'adaptation du ratio molaire Fe / P-PO_4 à la concentration des eaux traitées.

Ces mécanismes sont explicités en détail dans le document technique FNDAE N°29.

Ainsi, une filière boues activées met en place un traitement poussé du carbone par assimilation, un traitement de l'azote par nitrification-dénitrification et du phosphore par traitements biologique et physico-chimique. Le Tableau 2 donne les concentrations résiduelles attendues en sortie d'une telle filière pour un dimensionnement idéal et un fonctionnement normal.

Tableau 2. Concentrations résiduelles en sortie du procédé boues activées : traitement du C, du N et du P en temps sec (Canler et Perret, 2007)

Sortie procédé BA en temps sec, avec déphosphatation biologique et physico-chimique

		Concentration (mg/L)	Rendeme8nt moyen (%)
C	DCO	60 - 70	91
	DBO_5	10 - 15	96
	MES	15 - 20	93
N	NTK	< 5-6	93
	N_{oxy}	2	
	NGL	< 8	90
P	PT	1.2 - 1.5	89
	P-PO_4	0.2 - 0.3	

7. Objectifs et champ de l'étude

7.1. Description de l'étude

La présente étude consiste en une évaluation ACV préliminaire de la filière Boues Activées (BA), à partir de données réelles sur des STEU Françaises. L'objectif est de comparer les performances environnementales de la filière Boues Activées à la référence existante (de capacité équivalente) dans les bases de données ecoinvent (STEU Suisses).

[1] Suraccumulation : incorporation dans de longues chaînes de polyphosphates au sein de bactéries déphosphatantes réalisée grâce à l'alternance de phases aérobie et anaérobie.

Au sein de la filière BA, il existe des variantes du traitement des boues qui peut se faire par (1) conditionnement physico-chimique après épaississement sur grille d'égouttage, ou par (2) rhizocompostage (séchage sur lits de roseaux).

Dans la suite, on se réfèrera aux quatre systèmes de BA suivants (dont les bases de comparaison sont explicitées au 2.2) :

- **Système BA 1500**: filière BA avec conditionnement des boues par rhizocompostage, système dimensionné pour une capacité de **1 500 EH** (**Equivalent-Habitants Français**[2]) i.e. une charge organique quotidienne de **90 kg DBO_5/j** ;
- **Système BA-Rhizo 5200:** filière BA avec conditionnement des boues par rhizocompostage, système dimensionné pour une capacité de **5 200 EH** i.e. une charge organique quotidienne de **312 kg DBO_5/j** ;
- **Système BA-CoFlo 5200:** filière BA avec conditionnement des boues par voie physico-chimique (coagulation-floculation), système dimensionné pour une capacité de **5 200 EH** i.e. une charge organique quotidienne de **312 kg DBO_5/j** ;
- **Système Référence (ecoinvent):** Filière Boues Activées avec conditionnement des boues par voie physico-chimique (coagulation-floculation), système dimensionné pour une capacité de **5321 EH Suisses**[3] i.e. une charge organique quotidienne de **319 kg DBO_5/j.**

Cette étude a pour but de poser les bases de l'inventaire (LCI) des émissions et extractions au cours du cycle de vie standard d'une STEU Boues Activées de base, à laquelle il sera possible de rajouter des modules de traitement tertiaires par la suite. Ce système pourra ensuite être incorporé dans le système « global » d'assainissement des eaux usées.

7.2. Unité fonctionnelle et base de comparaison inter-classes de capacité

Selon la norme EN ISO 14044 (juillet 2006], l'Unité Fonctionnelle est la performance quantifiée d'un système de produits destinée à être utilisée comme unité de référence dans une analyse du cycle de vie.

Le principal service rendu de la filière BA est le traitement des eaux usées (de charge polluante définie) pour des petites et moyennes collectivités de 1 500 et 5 200 EH.

Une première étape dans la comparaison inter-classes est l'identification d'une base de comparaison fiable des capacités des systèmes étudiés.

Dans la base de données ecoinvent, l'Unité Fonctionnelle retenue[4] est le m^3 d'eau usée. Cependant, les volumes et les concentrations en polluants des eaux usées étant très différents selon le contexte géographique (la pollution organique est plus diluée en Suisse qu'en France), nous avons retenu d'établir une comparaison des deux systèmes sur la base de la même charge polluante exprimée par le ***kg de DBO_5 par jour***. Le Tableau 3 propose les hypothèses de dimensionnement et de comparaison sur la charge organique retenues à cet effet.

[2] Directive Européenne du 21/05/1991 (91/271/CEE): 1 EH correspond à un rejet de 60g DBO5/j.
[3] Station de classe 4, capacité moyenne estimée à 5 321 habitants Suisses (BUWAL 1994, cité dans Doka, 2007).
[4] Le rapport RTI.02 (Chapitre 4) avait présenté une discussion sur les Unités Fonctionnelles.

Tableau 3. Hypothèses de dimensionnement et de comparaison entre Systèmes BA

Charges organiques des EU à traiter

		Systèmes BA - Modèles Cemagref				Système BA - Référence ecoinvent	
Hypothèse **Dimensionnement théorique de la STEU**	**EH, Hab**	1 500 EH (FR)		5 200 EH (FR)			
		60 g DBO_5/EH/j		60 g DBO_5/EH/j			
	kg DBO_5/j	90 kg/j		312 kg/j			
Hypothèse pour **ACV Comparative**	**EH, Hab**	1 800 Hab, zone rurale (FR)	1 500 EH (FR)	6 240 Hab, zone rurale (FR)	5 200 EH (FR)	6 385 Hab, zone rurale (FR)	5 321 EH (CH) (*)
		50 g DBO_5/Hab/j	60 g DBO_5/EH/j	50 g DBO_5/Hab/j	60 g DBO_5/EH/j	50 g DBO_5/Hab/j	60 g DBO_5/EH/j
	kg DBO_5/j	90 kg/j		312 kg/j		319 kg/j	

Directive Européenne sur les Eaux Résiduaires Urbaines du 21/05/1991 (91/271/CEE): 1 EH correspond à un rejet de 60g DBO5/j

(*) Pour le système de Référence ecoinvent, les EH sont des Equivalent-Habitants Suisses. Le ratio DCO/DBO utilisé est très différent, pris égal à 1,5.

7.3. Frontières des systèmes étudiés

Dans le souci de réaliser une comparaison fidèle entre les systèmes BA modélisés, il faut s'accorder également sur la définition des périmètres d'étude des systèmes. Ainsi, les systèmes BA Cemagref auront le même périmètre d'étude que le système de référence issu d'ecoinvent, illustré à la Figure 2, i.e. comprenant:

- la STEU et les activités qui lui sont associées (production de réactifs et d'énergie, transports..)
- la stabilisation et l'élimination (épandage/incinération/mise en décharge) des boues.

Le réseau de collecte n'est pas inclus dans le périmètre d'étude du modèle ACV de la filière de traitement BA. Le système de référence ecoinvent, qui est une STEU de classe 4 a une capacité moyenne de traitement de 5321 EH, mais cette classe de STEU peut desservir de 2000 à 10 000 EH. Cela reste cohérent de comparer un modèle de STEU Cemagref dimensionné pour 1500 EH à cette classe de STEU, appartenant à la même gamme de capacités.
Dans le cas de la variante de la STEU BA avec conditionnement des boues par rhizocompostage, il faut de plus, tenir compte de la fin de vie des roseaux et rhizomes, compostés à 20% et incinérés sur place en majorité (80%).

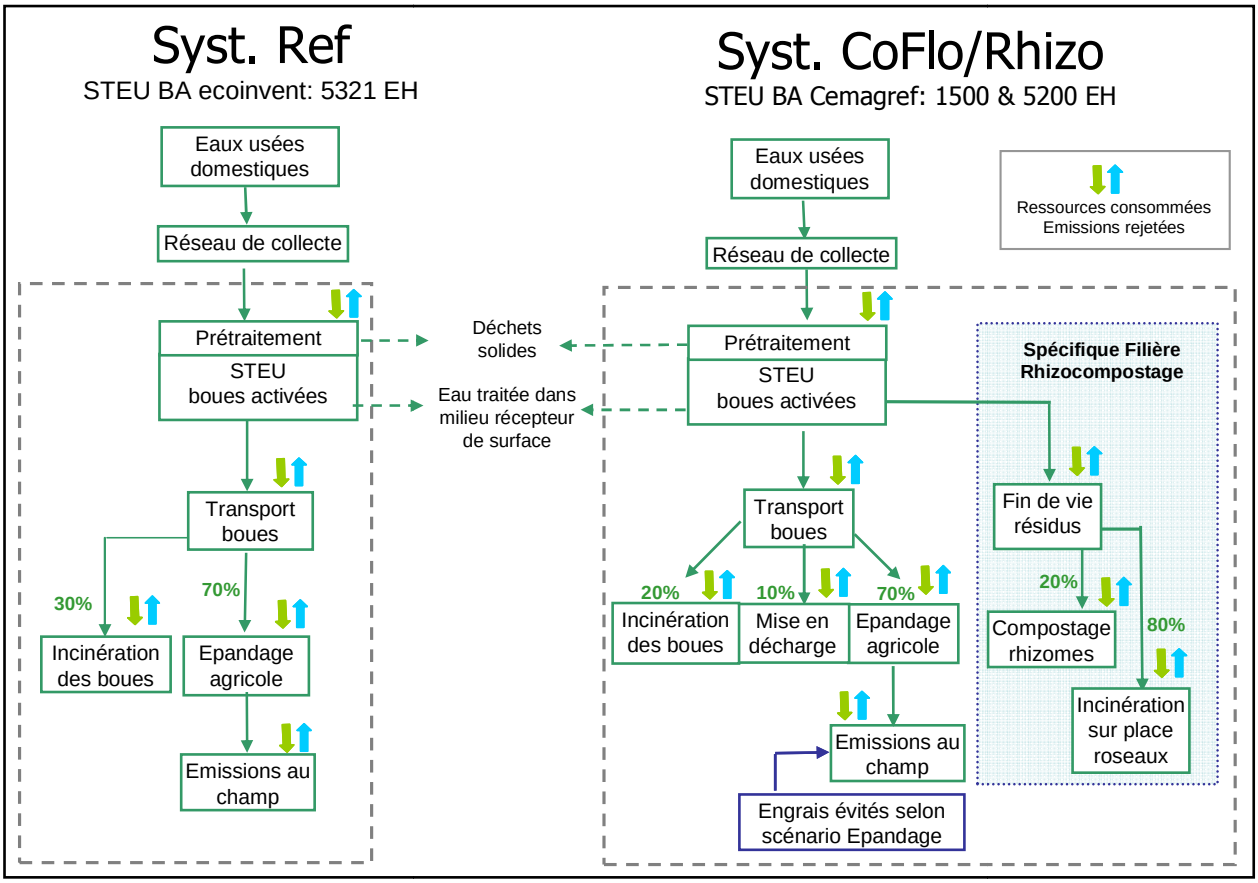


Figure 2. Frontières considérées pour les systèmes BA

Le Chapitre 5 de la partie IV de la base de données ecoinvent sur les traitements des eaux usées (Doka, 2007) renseigne sur les fins de vie estimées des boues de STEU Suisses de différentes classes. Ainsi, pour une Classe 5 (d'après une extrapolation des données de 1994), les boues digérées (caractérisées par 70.65% en matière sèche) sont en majorité utilisées en fertilisants pour l'agriculture.

7.4. Description des affluents et effluents des STEU

Pour pouvoir poursuivre notre étude, et ainsi comparer les systèmes, il est nécessaire qu'ils aient des charges polluantes comparables. Le but principal d'une station est de traiter un certain volume d'eau usée avec une performance épuratoire déterminée. Or, cette performance dépend :

- de la qualité de l'eau brute en entrée de station. Celle-ci est composée d'une matrice de polluants (DCO, azote, phosphore, ...) caractérisés par une charge et une concentration.
- du niveau de rejet exigé qui dépend des objectifs de qualité imposés par la sensibilité du cours d'eau.

La principale fonction d'une STEU, la fonction épuratoire, est donc conditionnée par la qualité de l'eau en entrée de station et par la sensibilité du milieu naturel récepteur de l'effluent traité.

Lors d'une comparaison ACV de deux procédés de traitement, il est important que les systèmes de traitement considérés remplissent les mêmes fonctions notamment en ce qui concerne le traitement des eaux usées entrantes, dont les qualités sont décrites aux Tableau 4 et **Tableau** 5.

Il est prévu d'intégrer des paramètres de suivi en éléments traces métalliques (ETM), et en tenir compte dans les bilans de matière lorsque des données sur leurs concentrations moyennes dans les eaux usées seront disponibles. Un stage est en cours sur la caractérisation des micropolluants (ETM et composés traces organiques). Les STEU n'ont pas des rendements d'élimination de 100 % et les eaux traitées véhiculent une masse résiduelle renvoyée au milieu naturel (Tableau 4).

Tableau 4. Compositions moyennes des affluents/effluents d'une STEU BA de référence ecoinvent

Entrée et sortie de la STEU de référence ecoinvent, Doka 2007					
Affluent moyen (g/m^3)			**Effluent moyen (g/m^3)**		
Noxy	DBO	103,6	Noxy	DBO	8,29
	DCO	155,4		DCO	27,97
	COD	45,75		COD	6,52
	COT	67,3		COT	6,52
	$N\text{-}NH_4$	14,95		$N\text{-}NH_4$	8,75
	$N\text{-}NO_2$	0,40		$N\text{-}NO_2$	0,20
	$N\text{-}NO_3$	1,05		$N\text{-}NO_3$	11,12
Norg	N_{org}, solv.	8,39	Norg	N_{org}, solv.	0,00
	N_{part}	3,28		N_{part}	0,50
	Norg, total	11,67		N_{org}, total	0,50
P	$P\text{-}PO_4$ solv.	2,459	P	$P\text{-}PO_4$ solv.	1,273
	P-Part	0,615		P-Part	0,00
	PT	3,074		PT	1,273

Tableau **5**. Compositions moyennes des affluents/effluents d'une STEU BA Cemagref avec déphosphatation physico-chimique

Entrée et sortie de la STEU BA Cemagref, avec déphosphatation Cemagref, 2010					
Affluent moyen (g/m^3)			**Effluent moyen (g/m^3)**		
Noxy	DBO_5	333	Noxy	DBO_5	13,3
	DCO	800		DCO	72,0
	COD	NC		COD	NC
	COT	NC		COT	NC
	$N\text{-}NH_4$	50,00		$N\text{-}NH_4$	2,00
	$N\text{-}NO_2$	0,00		$N\text{-}NO_2$	0,00
	$N\text{-}NO_3$	0,00		$N\text{-}NO_3$	2,00
Norg	N_{org}, solv.	10,00	Norg	N_{org}, solv.	1,50
	N_{part}	6,67		N_{part}	2,50
	N_{org}, total	16,67		N_{org}, total	4,00
P	$P\text{-}PO_4$ solv.	10,67	P	$P\text{-}PO_4$ solv.	0,30
	P-Part	2,67		P-Part	0,90
	PT	13,33		PT	1,20

Ces compositions d'affluents et effluents sont converties en **g/j/EH** (ou **/hab** si on considère un contexte français rural) en multipliant les valeurs en g/m^3 par la consommation journalière en eau d'un habitant Suisse et Français, respectivement 0,150 m^3/j et 0.553m^3/j. Elles sont détaillées aux **Tableau** 6 et **Tableau** 7.

Tableau **6**. Composition des affluents en g/j/EH ou g/j/hab

Entrée Flux (g/j)		**Par EH**	**Par habitant (hab.)**
		données Ecoinvent, Doka, 2007	données Cemagref, 2010
	DBO_5	60,0	50,0
	DCO	90,0	120,0
NK	**$N\text{-}NH_4$**	8,27	7,50
	N_{org}	6,46	2,50
Noxy	**$N\text{-}NO_2$**	0,22	0,00
	$N\text{-}NO_3$	0,58	0,00
	N_{tot}	15,5	10,0
P	**P-Part**	0,34	0,40
	P-PO4	1,36	1,60
	PT	1,70	2,00

Tableau **7**. Composition des effluents en g/j/EH ou g/j/hab

Sortie Flux (g/j)		Par EH	Par habitant (hab.)	
		données Ecoinvent, Doka, 2007	données Cemagref, 2010	
		Sortie avec déphosphatation	Sortie BA de base	Sortie BA Avec déphosphatation
	DBO_5	4,59	2,00	
	DCO	15,5	10,80	
NK	**$N\text{-}NH_4$**	4,84	0,30	
	N_{org}	0,28	0,60	mêmes valeurs que BA de base
Noxy	**$N\text{-}NO_2$**	0,11	0,00	
	$N\text{-}NO_3$	6,15	0,30	
	NGL	11,4	1,20	
P	**P-Part**	0,00	0,06	0,14
	P-PO4	0,70	1,12	0,05
	PT	0,70	1,18	0,18

7.5. Boues générées en sortie de STEU

Les boues générées en sortie de STEU sont de composition variable et dépendent de la qualité des eaux usées arrivant en amont, mais aussi et surtout, du type de procédé(s) de traitement mis en œuvre. Les compositions de ces dernières sont spécifiées au **Tableau 8**.

La base de données ecoinvent (Doka, 2007) donne de nombreuses informations concernant les coefficients de transfert de plusieurs éléments aux effluents et aux boues. Il s'agit de chiffres basés sur un traitement moyen dans les STEU Suisses, basé sur une technologie de type « boues activées ». Pour l'instant, dans ecoinvent il n'y a pas de distinction faite entre les différentes classes (ou capacités) de STEU, par manque de données disponibles, mais surtout du fait que la performance des STEU serait plutôt déterminée par la technologie mise en jeu (la classe d'une STEU ayant une influence moindre).

Pour les éléments métalliques, Doka (2007) estime leur partition entre les boues (fraction particulaire) et les effluents (fraction dissoute) grâce aux propriétés de chimie aqueuse de ces éléments. Il serait bon de vérifier si ces partitions restent valables pour les schémas BA françaises. Mais pour cela, il faudrait des données sur les éléments dosés dans les eaux usées de notre contexte français rural. Egalement, des données sur la présence de micropolluants seraient appréciées (à partir de résultats des travaux du projet AMPERES[5] dans le cadre du programme PRECODD[6]).

Les boues contiennent en grande partie des éléments azotés et phosphorés. Dans ce modèle ACV, on choisira comme boues générées par les STEU BA celles définies par Pradel (2010) dans le cadre du projet Ecodefi (programme PRECODD également), pour lesquelles un modèle d'émissions aux champs a été développé.

Se référer au Rapport Technique Interne 06 - Fin de vie des boues de STEU : Création d'un Module d'ACV simplifié « Epandage », Annexe I pour les caractéristiques des boues solides chaulées (type B02) et les boues compostées (type B03).

[5] AMPERES : Analyse de Micropolluants Prioritaires et Emergents dans les Rejets et Eaux Superficielles.
[6] PRECODD : PRogramme de recherche sur les ECOtechnologies et le Développement Durable.

Tableau 8. Contenu des boues d'épuration produites dans les systèmes boues activées modélisés

	STEU BA CoFlo Chaux 5200. Boues Chaulées type B02 (g/j/hab)	STEU BA Rhizo 5200. Boues Compostées type B03 (g/j/hab)	STEU BA Rhizo 1500. Boues Compostées type B03 (g/j/hab)	STEU BA ecoinvent (g/j/EH)
Source et type de production	Données Cemagref (Pradel, 2010) Production en continu de boues	Données Cemagref (Pradel, 2010) Production séquentielle de boues, à chaque curage		Données ecoinvent (Doka, 2007) Production en continu de boues
N rejeté dans les boues	3.56g (1)	1.42g (3)	0.78g (5)	3.46g (7)
P rejeté dans les boues	0.34g (2)	0.13g (4)	0.07g (6)	0.996g (8)

(1) 28.92g N/kg MS avec 769 kg MS/j de boues produites pour une BA traitant 6 240 Hab.

28.92*769/6240 = 3.56 g N/Hab/j

(2) sous forme de P-P_2O_5, calculé en P. Dans les boues produites, 25.04g P_2O_5/kg MS i.e. 3.09 g P_2O_5/Hab/j, ce qui donne 3.09*31/(2*31+5*16)/2 = 0.34 gP/j/Hab

(3) 21.8g N/kg MS avec 406kg MS/j de boues produites pour une BA traitant 6 240 Hab.

21.8*406/6240 = 1.42 g N/Hab/j

(4) sous forme de P-P_2O_5, calculé en P. Dans les boues produites, 18.1g P_2O_5/kg MS i.e. 1.18 g P_2O_5/Hab/j, ce qui donne 1.18*31/(2*31+5*16)/2 = 0.13 gP/j/Hab

(5) et (6) Idem que (3) et (4). On remarquera que la teneur en azote et phosphore des boues issues de la filière BA Rhizocompostage est différente mais sensiblement proche.

(7) 22,3% de 15,53g TKN/EH/j sont minéralisés dans les boues produites.

(8) On retrouve dans les boues 58.6 % de la charge phosphorée entrante estimée à 1.70g PT/EH/j

7.6. Fin de vie des boues d'épuration

Les hypothèses de fin de vie des boues générées en sortie de STEU de type BA modélisées sont décrites dans ce qui suit.

Pour les boues digérées[7] des BA de classe 5 (806 EH) de la base de données ecoinvent (Doka, 2007), il a été pris **70.7 %** d'application en agriculture, les 29.3 % restants étant incinérés, puis disposés en décharge. Pour le transport entre la station et l'incinérateur, une distance de 10 km par camion a été choisie, la boue ayant une teneur de 63 % en eau.

En ce qui concerne les boues extraites des STEU BA Rhizo et CoFlo, on rappelle ici l'hypothèse de fin de vie retenue : **70 %** d'épandage, **20 %** d'incinération et **10 %** de mise en décharge.

7.7. Description et dimensionnement des systèmes BA

Ce système, issu de la base de données ecoinvent, est une STEU de ***classe 4*** [8], correspondant à une capacité de 5 321 EH Suisses.

[7] La digestion de ces boues est effectuée dans un digesteur anaérobique et produit du biogaz, ainsi qu'un digestat sec.
[8] Classes de capacité des STEU Suisses définies par (BUWAL, 1994) telles que la Classe 1 correspond à une STEU de capacité moyenne de 233 225 EH, la Classe 2 à 71 133 EH, la Classe 3 à 24 865 EH, la Classe 4 à 5 321 EH et la Classe 5 à 806 EH.

Le système a une charge hydraulique de **2 943 m^3/j** établie sur la base d'une consommation annuelle de 202 m^3/an et par habitant. Ce qui correspond à une consommation journalière de **553 L/j/EH**. Sa charge organique s'élève à **319.3 kg DBO_5/j** sur la base d'une pollution émise de 60 g DBO_5/j et par EH Suisse. Cependant, on prendra la valeur moyenne donnée par Doka (2007) de la DBO_5 des eaux usées entrantes en STEU soit [DBO_5] = 103.6 mg/L. Doka (2007) dérive la valeur de la DCO par le ratio DCO/DBO_5 = 1.5, soit [DCO] = 155,6 mg/L. Ce ratio de DCO/DBO semble incorrect car sous-estime largement la charge en DCO[9].

La technologie mise en œuvre comporte trois étapes de traitement de l'eau (physique, biologique et chimique), avec une digestion des boues anaérobique (procédé Suisse). En traitement primaire, une étape de décantation physique est mise en place pour séparer les solides présents dans les eaux résiduaires urbaines qui sont collectés gravitairement et évacués (boues primaires). L'étape de traitement secondaire, par voie biologique fait intervenir le métabolisme microbien dans un bassin aéré pendant plusieurs heures. Cet environnement aérobie convertit l'azote ammoniacal ($N\text{-}NH_4^+$) en nitrates (NO_3^-) et le carbone organique en CO_2. La croissance des microorganismes résulte en une accumulation de biomasse, qui forme la boue activée, recyclée dans le bassin d'aération tandis que l'excédent de boue est séparé et acheminé vers la file de traitement des boues. En traitement tertiaire (chimique), des agents de précipitation comme le chlorure ferrique sont ajoutés pour précipiter les orthophosphates sous forme de complexes de fer ($FePO_4$). Les boues recueillies à cette étape sont dites chimiques. La digestion anaérobie des boues recueillies aux trois étapes de traitement s'opèrent dans un réacteur fermé sur plusieurs jours. Du biogaz riche en méthane (CH_4) peut être obtenu par ce procédé et incinéré afin d'en recueillir des bénéfices énergétiques. La boue restante (boue digérée) est déshydratée et doit ensuite être valorisée comme engrais, disposée en décharge ou incinérée.

SYSTEME BA-RHIZO 1500

Ce système est dimensionné pour recevoir et traiter les effluents de 1 500 EH, ce qui correspond à une capacité de **classe 5**. La charge organique entrante en station est de **90 kg DBO_5/j** sur la base d'un rejet journalier de 60 g DBO_5/j par EH. Par contre, si on considère un contexte français en milieu rural (50 g DBO_5/j [10]), l'habitant génère une pollution journalière évaluée à 50 g DBO_5 dans 150 L d'eau. Donc pour une capacité de 1 500 EH, le système est dimensionné pour 90.10^3/50 = 1 800 habitants en zone rurale française. La charge hydraulique est égale à 1800*0,15 = **270 m^3/j**, un français consommant **150 L d'eau/j**.

La valeur de la DBO_5 des eaux usées est donc donnée par le rapport charge organique (kg DBO_5) / charge cydraulique (m^3/j), soit 90.10^3/270 = 333.5 mg/L. Ceci est cohérent avec la valeur guide donnée par le Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux (Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse) dans leur ouvrage collectif publié en 2005, pour un milieu rural/réseau séparatif.

La technologie utilisée pour ce système est une BA, similaire au système de référence, sans déphosphatation chimique, et le traitement des boues est réalisé par des trois lits de séchage plantés de roseaux. Ce procédé de rhizocompostage est composé d'un massif filtrant constitué de plusieurs couches de sable de granulométries différentes qui reposent sur un radier ceinturé de parois en béton. Des roseaux de type Phragmites sont plantés sur le massif qu'ils colonisent en développant un réseau grâce à l'action de leurs racines (rhizomes). Les boues provenant directement du bassin d'aération sont épandues à la surface des lits selon des cycles alternant des périodes de repos et des périodes d'alimentation (ex : 1 semaine d'alimentation et 2 à 3 semaines de repos). A l'application d'une dose de boues, les rhizomes vont favoriser le drainage des percolats, l'aération du milieu et permettre une stabilisation des boues par compostage. Un minimum de 3 lits est préconisé pour une station traitant les effluents de 1 500 EH, mais cette STEU est basée sur 4 lits de 150,5 m² de surface chacun. D'où une superficie de rhizocompostage de 4*150.5m² = 602 m². La fréquence de curage des lits est de l'ordre de 5 ans avec une hauteur moyenne utile de 0.80 à 1.20 m pouvant stocker les boues. On peut estimer la production de roseaux (en g de matières sèches) à 100 g MS/m²/an, d'après les données sur les Filtres plantés de roseaux (FPR).

SYSTEME BA-RHIZO 5200

Ce système est dimensionné pour recevoir et traiter les effluents de 5 200 EH, ce qui correspond à une capacité de **classe 4**. La charge organique entrante en station est de **312 kg DBO_5/j** sur la base d'un rejet journalier de 60 g DBO_5/j par EH.

[9] *Communication personnelle avec Sylvie Gillot, cemagref HBAN Antony*

[10] Recommandation Cemagref : Hypothèse sur la charge organique retenue d'un E.H. générant 50g de DBO5/j en milieu rural, d'après des mesures Cemagref. La Directive ERU du 21/05/1991 propose une valeur plus conservative de 1 E.H. ≡ 60 g DBO5/j.

En milieu rural français, cette STEU sera d'une capacité équivalente à 6 240 habitants à 50 g DBO_5/j, avec une charge hydraulique est égale à 6 240*0,15 = **936 m^3/j.** La composition des eaux résiduaires urbaines entrant en STEU étant la même qu'au système Rhizo 1500, on retrouve la même concentration en DBO_5 entrante. La composition de ces ERU brutes est donnée au paragraphe 2.4 de ce document. La technologie utilisée pour ce système est une boue activée également, sans déphosphatation chimique. Le traitement des boues comporte une étape d'épaississement (épaississeur statique) avant extraction des boues sur les huit lits de séchage plantés de roseaux.

NB. Différences avec le système Rhizo 1500 : il y a une unité de dessablage/dégraissage en pré-traitement (qui est absente pour le Rhizo 1500), une infrastructure adaptée au débit d'eau usée entrant ; ce qui entraîne une consommation énergétique plus importante. Il y a également une fréquence de curage moindre, à raison d'une fois tous les 10 ans. L'emprise sur le sol est également plus importante, avec près de 3 000 m² (8*247.5m² par lit, soit 2 968 m²) de surfaces plantées de macrophytes pour le rhizocompostage.

SYSTEME BA-COFLO 5200

Il s'agit d'une variante du précédent (donc de même capacité) avec conditionnement des boues physico-chimiques. Il y a donc ajout de réactifs (chlorure ferrique) dans le bassin d'aération (pour la coagulation). Les boues sont ensuite épaissies sur une grille d'égouttage, puis floculées à l'aide de polymères ou de chaux éteinte, avant d'être déshydratées sur un filtre presse. Ces boues conditionnées seront ensuite stockées sur une aire dédiée en attendant l'épandage. Les boues obtenues en sortie de ce système diffèrent quantitativement et qualitativement de celles attendues en sortie du système avec Rhizocompostage (cf paragraphe 2.6).

Les Figure 3 et Figure 4 présentent de manière schématique les filières de traitement des eaux brutes et des boues produites dans les STEU modélisées.

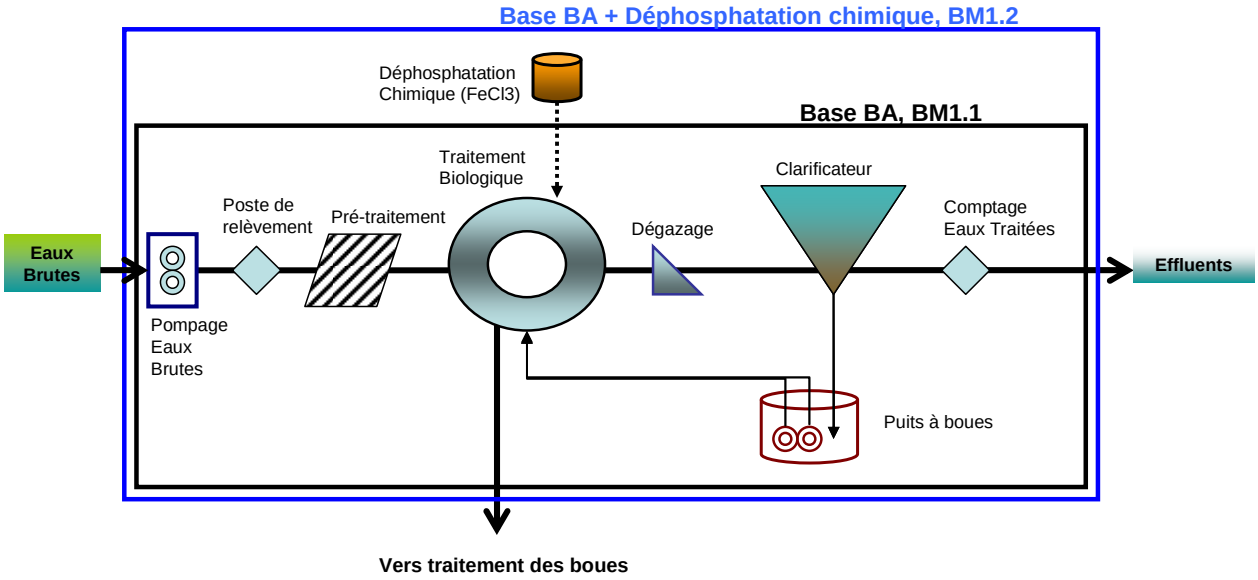


Figure 3. Découpage schématique de la filière de traitement des eaux usées par boues activées

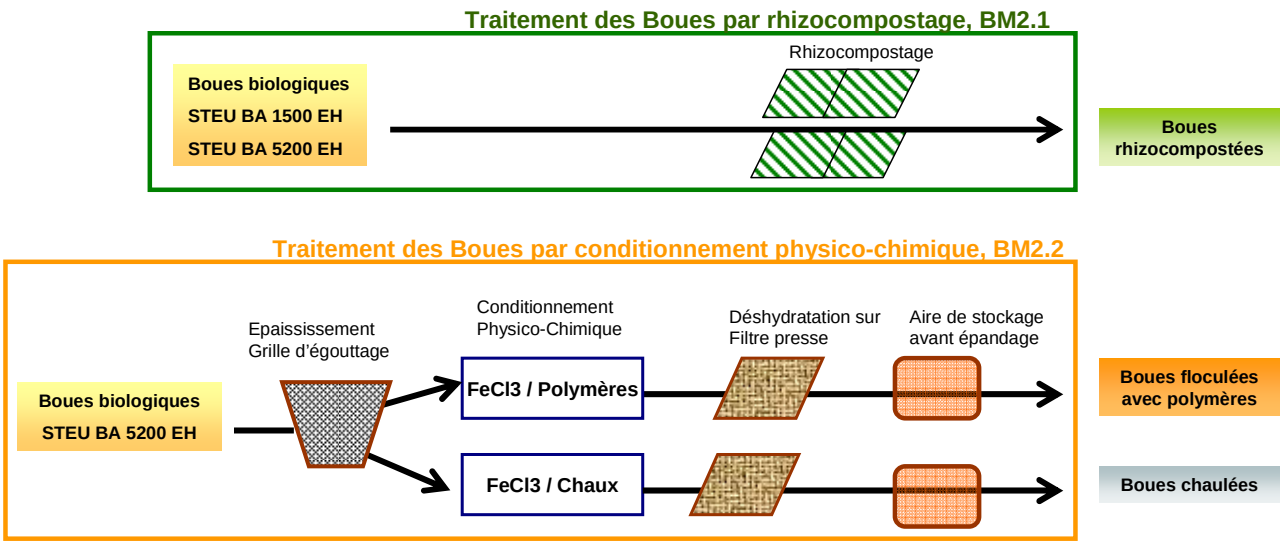


Figure 4. Découpage schématique des filières de traitement des boues

7.8. Découpage du système BA

La collecte de données d'inventaire pour modéliser une STEU BA peut se décomposer (Figure 5) :

- L'infrastructure de la station (relative aux étapes de construction et de démantèlement), d'une durée de vie prévue de 30 ans,
- Le fonctionnement de la station ou O&M (Opération & Maintenance), reprenant les consommations d'électricité, de réactifs, et les opérations journalières requises,
- Les rejets (Air & Eau), déterminés par les bilans de matière appropriés.

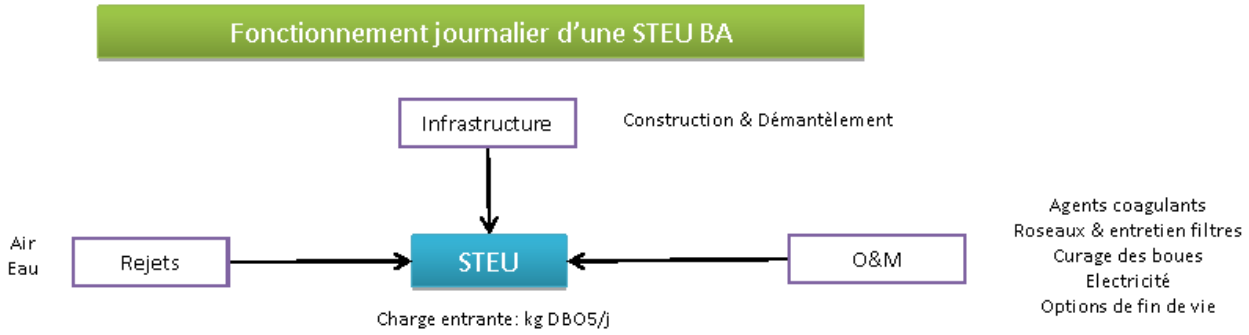


Figure 5. Diagramme schématique d'un système STEU boues activées

Le découpage en blocs sous SimaPro des systèmes BA est détaillé aux Figure 6 et Figure 7 :

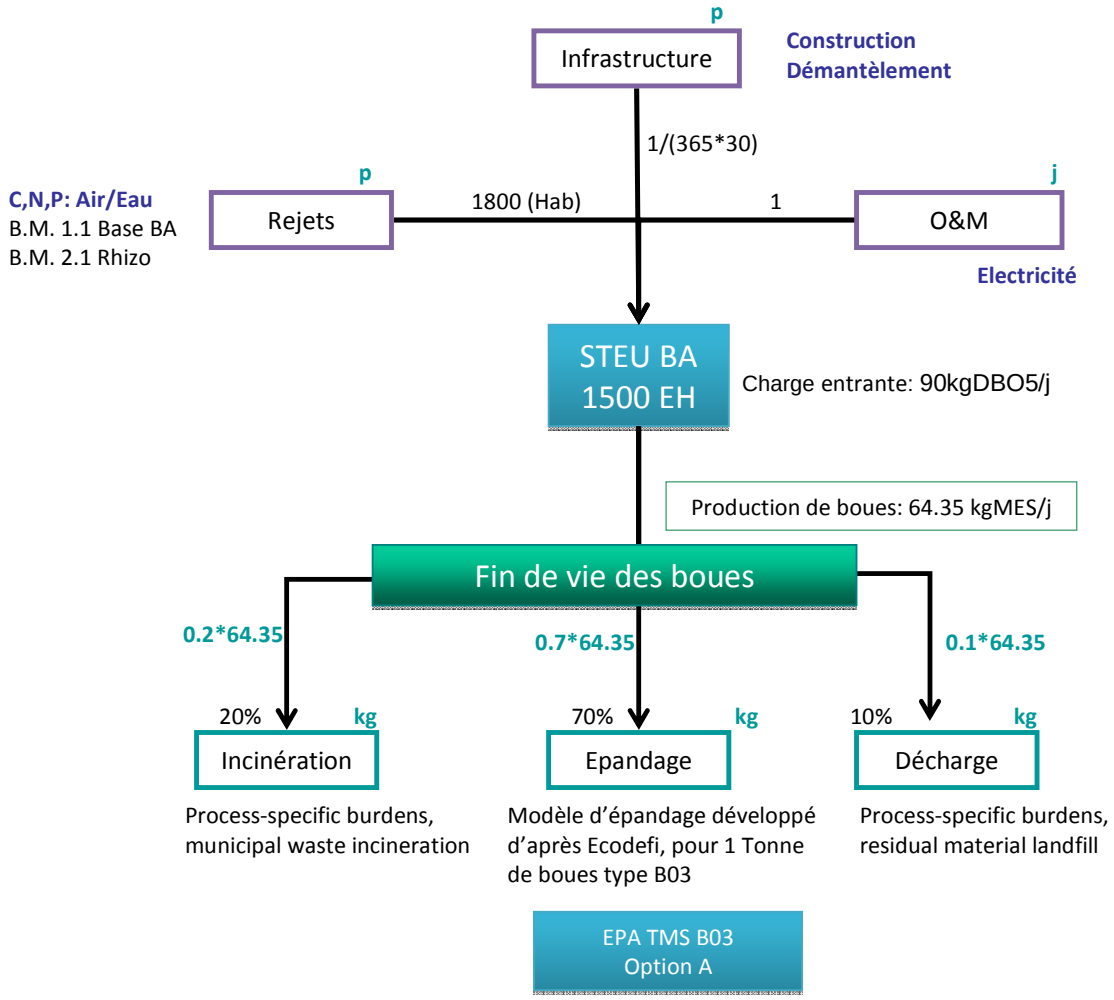


Figure 6. Représentation du modèle BA 1500 "Rhizo"

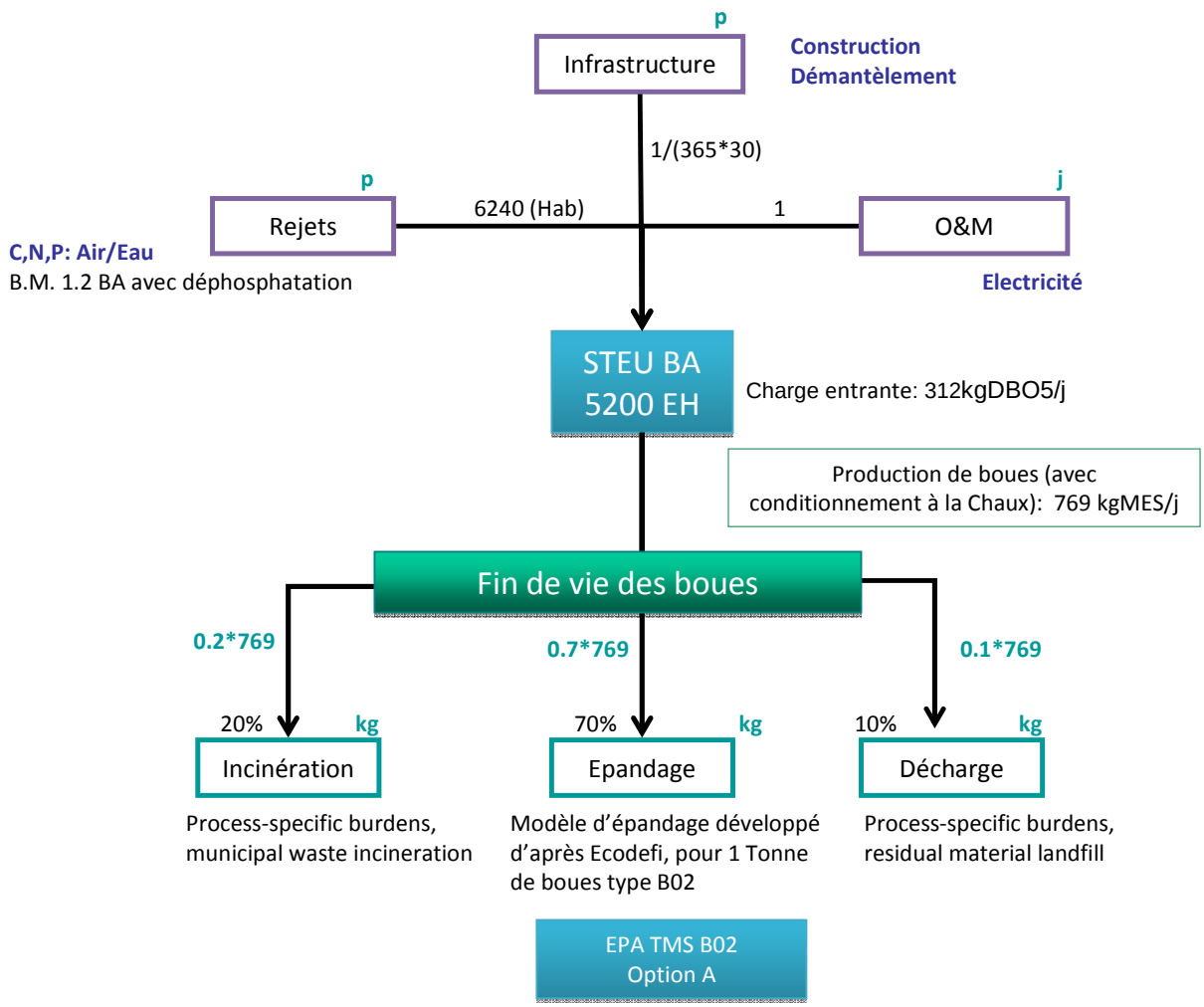


Figure 7. Représentation du modèle BA 5200 "CoFlo" (Chaux)

Pour consolider l'inventaire, des données concernant les quantités de chaque matériau et les valeurs liées au déplacement, à la consommation d'énergie etc., sont recueillies pour les différentes étapes du cycle de vie du système. L'inventaire est la compilation et la quantification des flux entrants et sortant du système pour tout son cycle de vie tel qu'il a été défini dans le champ de l'étude. Tous les flux sont quantifiés par rapport à l'unité fonctionnelle : le kg de DBO_5 par jour.

8. Inventaire du cycle de vie des STEU

8.1. Inventaire (LCI) du système BA 1500 EH

SYNTHESE DES VALEURS D'INVENTAIRE RETENUES ET DES SOURCES DE DONNEES

Les inventaires des étapes de construction et de l'exploitation/maintenance du système BA de base sont synthétisés dans les Tableau 9 et Tableau 10. Davantage de détails sur les matériaux de construction et les hypothèses de dimensionnement des ouvrages sont donnés en Annexe.

Sources des Tableau 9, **Tableau 10** et Tableau 11 aux pages suivantes:

[1] Rapport Dimensionnement STEU BA
[2] Dossier marché station de la BA 1500 EH de Peroy les Gombries (HYDREA)
[3] Dossier marché station de la BA 5200 EH d'Olwisheim (France Assainissement)
[4] Bilans de matière

ETAPE DE CONSTRUCTION BA 1500 EH

Tableau 9. Inventaire de l'étape de construction de la STEU 1500 EH (durée de service de l'infrastructure de 30ans)

Matière/Process *Etape Construction*	**Quantités /Flux** Valeur	Unité	**Fréquence des flux**	**Source d'estimation des quantités/flux**	**Sources des données ACV de base utilisées (Ecoinvent et autres)**	**Fin de vie incluse**
Travaux						
Terrassement	105	hr	1	[1]	GC111 : Equipe terrassement STEP	-
Génie civil	420	hr	1	[1]	GC121 : Equipe genie civil STEP	-
Canalisations	175	hr	1	[1]	GC110 : Equipe pose canalisation STEP	-
Démantèlement						-
Tractopelle Chantier	120	hr	1		Fiche Tractopelle Chantier (Excavation, skid-steer loader/RER S)	-
Poste de relevage						
Génie civil	1.9	ton	1	[1]	MX000	oui
	1.75	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	60	kg	1	[1]	MX002	oui
	20	kg	1	[1]	MX013	oui
	30	kg	1	[1]	MX017	oui
	150	kg	1	[1]	MX012	oui
	275	kg	1	[1]	MX014	oui
Regard à Vannes	1.2	ton	1	[1]	MX000	oui
	2.5	ton	1	[1]	MX001	oui
	150	kg	1	[1]	MX002	oui
	75	kg	1	[1]	MX016	oui
Prétraitement						
Génie civil	2.8	ton	1	[1]	MX000	oui
	12.6	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	85	kg	1	[1]	MX002	oui
	70	kg	1	[1]	MX013	oui
	5	kg	1	[1]	MX017	oui

	250	kg	1	[1]	MX012	oui
	350	kg	1	[1]	MX014	oui
Regard de répartition	0.7	ton	1	[1]	MX000	oui
	1.2	ton	1	[1]	MX001	oui
	25	kg	1	[1]	MX012	oui
	10	kg	1	[1]	MX014	oui
Bassin d'Aération						
Génie civil	71	ton	1	[1]	MX000	oui
	97	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	170	kg	1	[1]	MX002	oui
	310	kg	1	[1]	MX012	oui
	600	kg	1	[1]	MX013	oui
	500	kg	1	[1]	MX014	oui
	55	kg	1	[1]	MX017	oui
Dégazage	1.6	ton	1	[1]	MX000	oui
	7.8	ton	1	[1]	MX001	oui
	110	kg	1	[1]	MX012	oui
Clarificateur						
Génie civil	36	ton	1	[1]	MX000	oui
	76	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	350	kg	1	[1]	MX012	oui
	110	kg	1	[1]	MX013	oui
	250	kg	1	[1]	MX014	oui
	5	kg	1	[1]	MX017	oui
Puits à boues	2	ton	1	[1]	MX000	oui
	9.2	ton	1	[1]	MX001	oui
	110	kg	1	[1]	MX002	oui
	20	kg	1	[1]	MX013	oui
	30	kg	1	[1]	MX017	oui
Poste Toutes Eaux						
Génie civil	1.9	ton	1	[1]	MX000	oui
	13.6	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	60	kg	1	[1]	MX002	oui
	20	kg	1	[1]	MX013	oui
	30	kg	1	[1]	MX017	oui
Skid EID						

Equipements	90	kg	1	[1]	MX000	oui
	20	kg	1	[1]	MX002	oui
	5	kg	1	[1]	MX013	oui
	10	kg	1	[1]	MX017	oui
Circuits hydrauliques						
Canalisations	4100	ton	1	[1]	MX001	oui
	480	kg	1	[1]	MX002	oui
	1900	kg	1	[1]	MX003	oui
	250	kg	1	[1]	MX014	oui
Réseaux Divers						
Télécom	150	kg	1	[1]	MX005	oui
	130	ton	1	[1]	MX007	oui
	27	ton	1	[1]	MX008	oui
	17	kg	1	[1]	MX017	oui
Electricité / éclairage	350	kg	1	[1]	MX005	oui
	225	ton	1	[1]	MX007	oui
	47	ton	1	[1]	MX008	oui
	400	kg	1	[1]	MX012	oui
	25	kg	1	[1]	MX014	oui
	60	kg	1	[1]	MX017	oui
Eau potable	30	kg	1	[1]	MX005	oui
	155	ton	1	[1]	MX007	oui
	33	ton	1	[1]	MX008	oui
Traitement des boues :	**Lits de rhizocompostage**					
Massif drainant	450	ton	1	[1]	MX007	oui
	90	ton	1	[1]	MX008	oui
Drains	6400	kg	1	[1]	MX001	oui
	1480	kg	1	[1]	MX003	oui
Géomembrane/géotextile	14	ton	1	[1]	MX001	oui
	200	kg	1	[1]	MX012	oui
	390	kg	1	[1]	MX019	oui
	1300	kg	1	[1]	MX020	oui
Retour percolats	1	ton	1	[1]	MX001	oui
	100	kg	1	[1]	MX002	oui
	360	kg	1	[1]	MX003	oui
Aménagements généraux						

Voirie lourde	6.4	ton	1	[1]	MX000	oui
	380	ton	1	[1]	MX007	oui
	50	ton	1	[1]	MX009	oui
	140	kg	1	[1]	MX019	oui
Voirie intérieure	610	ton	1	[1]	MX017	oui
	290	kg	1	[1]	MX019	oui
Infrastructure métallique	1.5	ton	1	[1]	MX013	oui
	300	kg	1	[1]	MX014	oui
Clôtures	20	kg	1	[1]	MX003	oui
	200	kg	1	[1]	MX014	oui
	40	kg	1	[1]	MX015	oui
Câblage cuivre	135.6	kg	1	4 fils de 4mm de diamètre, P=5000W sur 100m	Copper, at regional storage/RER S	oui
	400	m	1	400m de câble à P=1000W	Cable, three-conductor cable, at plant/GLO S	oui
Allées piétonnes	6.4	ton	1	[1]	MX000	oui
	380	ton	1	[1]	MX007	oui
	140	kg	1	[1]	MX019	oui
Aménagements paysagers	37860	m2.a	1	[1]	Occupation, industrial area, vegetation	oui
	52140	m2.a	1	[1]	Occupation, industrial area, built up	oui

ETAPE D'EXPLOITATION/MAINTENANCE BA 1500 EH

Tableau 10. Inventaire de l'étape d'exploitation/maintenance de la STEU 1500 EH (sur la base d'un jour de fonctionnement)

Matière/Process *Etape exploitation/Maintenance*	**Quantités/Flux**		**Fréquence des flux**	**Source d'estimation des quantités/flux**	**Sources des données ACV de base utilisées (Ecoinvent et autres)**	**Fin de vie incluse**
	Valeur	**Unité**				
Poste de relevage						
Bâche Eaux Usées	414720	kJ	/jour	[2]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Prétraitement						
Tambour rotatif	8640	kJ	/jour	[2]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Vis compacteuse	4860	kJ	/jour	[2]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Bassin d'Aération						
Aération, turbine	586872	kJ	/jour	[2]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Brassage, hélice	174528	kJ	/jour	[2]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-

Poste Toutes Eaux						
Pompes de relèvement	2973.6	kJ	/jour	[2]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Clarificateur						
Pont râcleur	17280	kJ	/jour	[2]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Recirculation des boues						
Puits à boues, extraction	31968	kJ	/jour	[2]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Traitement des boues						
Extraction vers Lits de rhizocompostage	3207.6	kJ	/jour	[2]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Curage	0.44	m3	/jour	Les lits de séchage sont curés en moyenne tous les 5 ans.Volume de stockage utile par lit:224m3; ie volume stockage total: 896m3. Estimation volume cumulé à curer au bout de 5ans: 800m3, ie 0.44m3/j	Excavation, skid-steer loader/RER S (m3)	non
Fin de vie des boues	45.045	kg	/jour	70% épandage	Scénario Boues B03	oui
	12.87	kg	/jour	20% incinération	Process-specific burdens, municipal waste incineration/ CH S (kg)	oui
	6.435	kg	/jour	10% mise en décharge	Process-specific burdens, residual material landfill/ CH S (kg)	oui
Inspection station						
Transport pour inspection A/R	20 1	km personne	/jour		Transport, passenger car, diesel, EURO4/CH S (personkm)	oui
Entretien des abords						
Tonte de l'herbe sur les digues et les abords de la station	48 4,000	heures/an m²	6/an		Mowing, by motor mower/CH S (m2)	oui
Transport pour l'entretien des abords A/R	20 1	km personne	6/an		Transport, passenger car, diesel, EURO4/CH S (personkm)	-
Faucardage des roseaux						
Faucardage et évacuation des roseaux	80	heures	1/an	602m² de surface plantée de roseaux	Mowing, by motor mower/CH S (m²)	oui
Débroussailleuse des roseaux	602	m²	1/an			
Transport pour faucardage roseaux A/R (voiture)	20 1	km personne	1/an		Transport, passenger car, diesel, EURO4/CH S (personkm)	oui

Fin de vie des roseaux	80% brûlés sur place 20% compostés	1/an 1/an	Combustion sur place et compostage. Impact CO2 nul car considéré comme biogénique	-	oui

REJETS/EMISSIONS DU SYSTEME BA 1500 EH

Les émissions/rejets d'un système BA avec filière de conditionnement des boues par rhizocompostage sont détaillées au Tableau 11 consolidé à partir des bilans de matière **BM1.1 et BM2.1** détaillant respectivement les étapes de traitement des eaux usées en bassin d'aération par boues activées et l'étape de conditionnement des boues par rhizocompostage (explicité dans la suite au **Chapitre 7.13**).

Tableau 11. Inventaire de l'étape des émissions/rejets du système BA 1500 "Rhizo"

BM1.1 Base – Traitement des eaux usées

Matière/Process **Etape Rejets/Emissions (g/j/hab)**	**Quantité/Flux**		**Fréquence des flux**	**Source d'estimation des quantités/flux**	**Sources des données ACV de base utilisée (Ecoinvent et autres)**	**Fin de vie incluse**
	Valeur	**Unité**				
Rejets dans l'eau :						
NH_4^+	0.39	g	1/ jour	[4]	Ammonium, ion	-
Norg	0.60	g			Nitrogen, total	
NO_3^{2-}	1.33	g			Nitrate	
PO_4^{3-}	3.43	g			Phosphate	
P	0.06	g			Phosphorus	
DCO	10.8	g			COD, Chemical Oxygen Demand	
Cminéral (HCO^{3-})	10.0	g			Carbonate	
Emissions dans l'air :						
N_2O	0.47	g	1/ jour	[4]	Dinitrogen monoxide	-
CO_2	46.5	g			Carbon dioxide, biogenic	
CH_4	0.09	g			Methane, biogenic	
BM2.1 Rhizo – Conditionnement des boues						
Emissions dans l'air :						
N_2O	0.08	g	1/ jour	[4]	Dinitrogen monoxide	
CO_2	53.9	g			Carbon dioxide, biogenic	
CH_4	1.19	g			Methane, biogenic	

8.2. Inventaire (LCI) du système BA 5200 EH, version Rhizocompostage

SYNTHESE DES VALEURS D'INVENTAIRE RETENUES ET DES SOURCES DE DONNEES

Les inventaires des étapes de construction et de l'exploitation/maintenance du système BA de base sont synthétisés dans les Tableau 12 et Tableau 13. Davantage de détails sur les matériaux de construction et les hypothèses de dimensionnement des ouvrages sont donnés en Annexe.

Pour rappel, les sources des Tableau 12 et Tableau 13 aux pages suivantes sont:

[1] Rapport Dimensionnement STEU BA
[2] Dossier marché station de la BA 1500 EH de Peroy les Gombries (HYDREA)
[3] Dossier marché station de la BA 5200 EH d'Olwisheim (France Assainissement)
[4] Bilans de matière

ETAPE DE CONSTRUCTION BA « RHIZO » 5200 EH

Tableau 12. Inventaire de l'étape de construction de la STEU "Rhizo" 5 200 EH (durée de service de l'infrastructure de 30ans)

Matière/Process *Etape Construction*	**Quantités/Flux Valeur**	**Unité**	**Fréquence des flux**	**Source d'estimation des quantités/flux**	**Sources des données ACV de base utilisées (Ecoinvent et autres)**	**Fin de vie incluse**
Travaux						
Terrassement	175	hr	1	[1]	GC111 : Equipe terrassement STEP	-
Génie civil	770	hr	1	[1]	GC121 : Equipe genie civil STEP	-
Canalisations	280	hr	1	[1]	GC110 : Equipe pose canalisation STEP	-
Démantèlement						-
Tractopelle Chantier	200	hr	1	[1]	Fiche Tractopelle Chantier (Excavation, skid-steer loader/RER S)	-
Poste de relevage						
Génie civil	3.8	ton	1	[1]	MX000	oui
	3.5	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	120	kg	1	[1]	MX002	oui
	40	kg	1	[1]	MX013	oui
	60	kg	1	[1]	MX017	oui
	300	kg	1	[1]	MX012	oui
	500	kg	1	[1]	MX014	oui
Regard à Vannes	2.4	ton	1	[1]	MX000	oui
	5	ton	1	[1]	MX001	oui

	300	kg	1	[1]	MX002	oui
	150	kg	1	[1]	MX016	oui
Prétraitement						
Génie civil	15	ton	1	[1]	MX000	oui
	24.6	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	2	ton	1	[1]	MX001	oui
	440	kg	1	[1]	MX002	oui
	100	kg	1	[1]	MX003	oui
	10	kg	1	[1]	MX005	oui
	650	kg	1	[1]	MX012	oui
	260	kg	1	[1]	MX013	oui
	700	kg	1	[1]	MX014	oui
Regard de répartition	1.4	ton	1	[1]	MX000	oui
	2.4	ton	1	[1]	MX001	oui
	50	kg	1	[1]	MX012	oui
	20	kg	1	[1]	MX014	oui
Bassin d'Aération						
Génie civil	162	ton	1	[1]	MX000	oui
	196	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	980	kg	1	[1]	MX002	oui
	200	kg	1	[1]	MX005	oui
	50	kg	1	[1]	MX011	oui
	610	kg	1	[1]	MX012	oui
	815	kg	1	[1]	MX013	oui
	550	kg	1	[1]	MX014	oui
	135	kg	1	[1]	MX017	oui
	500	kg	1	[1]	MX018	oui
Dégazage	3	ton	1	[1]	MX000	oui
	26	ton	1	[1]	MX001	oui
	210	kg	1	[1]	MX012	oui
Clarificateur						
Génie civil	136	ton	1	[1]	MX000	oui
	216	ton	1	[1]	MX001	oui

Equipements	700	kg	1	[1]	MX012	oui
	220	kg	1	[1]	MX013	oui
	500	kg	1	[1]	MX014	oui
	10	kg	1	[1]	MX017	oui
Puits à boues	4	ton	1	[1]	MX000	oui
	18.4	ton	1	[1]	MX001	oui
	220	kg	1	[1]	MX002	oui
	40	kg	1	[1]	MX013	oui
	60	kg	1	[1]	MX017	oui
Poste Toutes Eaux						
Génie civil	3.8	ton	1	[1]	MX000	oui
	17.2	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	120	kg	1	[1]	MX002	oui
	40	kg	1	[1]	MX013	oui
	60	kg	1	[1]	MX017	oui
Canal de comptage						
Génie civil	8	ton	1	[1]	MX000	oui
	12	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	120	kg	1	[1]	MX012	oui
	30	kg	1	[1]	MX014	oui
	250	kg	1	[1]	MX016	oui
Skid EID						
Equipements	90	kg	1	[1]	MX000	oui
	20	kg	1	[1]	MX002	oui
	20	kg	1	[1]	MX013	oui
	10	kg	1	[1]	MX017	oui
Circuits hydrauliques						
Canalisations	8200	ton	1	[1]	MX001	oui
	960	kg	1	[1]	MX002	oui
	3800	kg	1	[1]	MX003	oui
	500	kg	1	[1]	MX014	oui
Réseaux divers						
Télécom	300	kg	1	[1]	MX005	oui

	260	ton	1	[1]	MX007	oui
	54	ton	1	[1]	MX008	oui
	34	kg	1	[1]	MX017	oui
Electricité / éclairage	700	kg	1	[1]	MX005	oui
	450	ton	1	[1]	MX007	oui
	94	ton	1	[1]	MX008	oui
	800	kg	1	[1]	MX012	oui
	50	kg	1	[1]	MX014	oui
	120	kg	1	[1]	MX017	oui
Eau potable	60	kg	1	[1]	MX005	oui
	310	ton	1	[1]	MX007	oui
	66	ton	1	[1]	MX008	oui

Traitement des boues: Lits de rhizocompostage

Massif drainant	2250	ton	1	[1]	MX007	oui
	450	ton	1	[1]	MX008	oui
Drains	32	ton	1	[1]	MX001	oui
	7.4	ton	1	[1]	MX003	oui
Géomembrane/géotextile	70	ton	1	[1]	MX001	oui
	1000	kg	1	[1]	MX012	oui
	1950	kg	1	[1]	MX019	oui
	6500	kg	1	[1]	MX020	oui
Retour percolats	5	ton	1	[1]	MX001	oui
	500	kg	1	[1]	MX002	oui
	1800	kg	1	[1]	MX003	oui

Aménagements généraux

Voirie lourde	12.8	ton	1	[1]	MX000	oui
	760	ton	1	[1]	MX007	oui
	100	ton	1	[1]	MX009	oui
	280	kg	1	[1]	MX019	oui
Voirie intérieure	1220	ton	1	[1]	MX017	oui
	580	kg	1	[1]	MX019	oui
Infrastructure métallique	3	ton	1	[1]	MX013	oui
	600	kg	1	[1]	MX014	oui
Clôtures	40	kg	1	[1]	MX003	oui

	400	kg	1	[1]	MX014	oui
	80	kg	1	[1]	MX015	oui
Câblage cuivre	271.2	kg	1	4 fils de 4mm de diamètre, P=5000W sur 100m	Copper, at regional storage/RER S	oui
	800	m	1	400m de câble à P=1000W	Cable, three-conductor cable, at plant/GLO S	oui
Allées piétonnes	12.8	ton	1	[1]	MX000	oui
	760	ton	1	[1]	MX007	oui
	280	kg	1	[1]	MX019	oui
Aménagements paysagers et surface plantée de roseaux	129600	m2.a	1	[1]	Occupation, industrial area, vegetation	oui
	90000	m2.a	1	[1]	Occupation, industrial area, built up	oui

ETAPE D'EXPLOITATION/MAINTENANCE « RHIZO » 5200 EH

Tableau 13. Inventaire de l'étape d'exploitation/maintenance de la STEU "Rhizo" 5 200 EH (sur la base d'un jour de fonctionnement)

Matière/Process *Etape exploitation/Maintenance*	**Quantités/Flux**		**Fréquence des flux**	**Source d'estimation des quantités/flux**	**Sources des données ACV de base utilisées (Ecoinvent et autres)**	**Fin de vie incluse**
	Valeur	**Unité**				
Poste de relevage entrée						
Bâche Eaux Usées	195840	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Prétraitement						
Dégrilleur fin avec aération	28512	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Vis compacteuse	28440	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Dégraisseur Dessableur Combiné	79200	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Classificateur à sables	12960	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Bassin d'Aération						-
Aération, surpresseur d'air	1149120	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Brassage, Zone de Contact (1 agitateur)	50904	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Brassage, Zone Aérée	145440	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-

(2 agitateurs)						
Dégazage						
Fosse à flottants (pompe péristaltique)	20304	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Poste Toutes Eaux						
Pompes de relèvement colatures	12960	kJ	/jour	[3] Hyp. Relevage pendant 1,5h. Pourla BA 1500 l'estimation du relevage~0,7h	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Clarificateur						
Pont râcleur à entraînement périphérique	12096	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Recirculation des boues						
Puits à boues, extraction	197820	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Traitement des boues: rhizocompostage						
Epaississeur gravitaire (pompes) Extraction boues	3528	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Epaississeur gravitaire (pompes) Evacuation eau claire	3024	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Extraction vers lits de rhizocompostage	5544	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Curage	0.55	m3	/jour	[3] Volume de stockage: 1976*1,10=2200m3. Curage d'1 lit tous les 4 ans. On estime à 2000m3 le volume cumulé au bout de 10ans de fonctionnement nominal. Soit 0,55m3/j	Excavation, skid-steer loader/RER S (m3)	oui
Fin de vie des boues	284.2	kg	/jour	70% épandage	Scénario Boues B03	oui
	81.2	kg	/jour	20% incinération	Process-specific burdens, municipal waste incineration/ CH S (kg)	oui
	40.6	kg	/jour	10% mise en décharge	Process-specific burdens, residual material landfill/ CH S (kg)	oui
Inspection station						
Transport pour inspection A/R	20 1	km personne	/jour		Transport, passenger car, diesel, EURO4/CH S (personkm)	oui

Entretien des abords

Tonte de l'herbe sur les digues et les abords de la station	48 5,000	heures/an m²	6/an		Mowing, by motor mower/CH S (m2)	oui
Transport pour l'entretien des abords A/R	20 1	km personne	6/an		Transport, passenger car, diesel, EURO4/CH S (personkm)	-

Faucardage des roseaux

Faucardage et évacuation des roseaux	80	heures	1/an		-	-
Débroussailleuse des roseaux	0.3	ha	1/an	[3] 2968m² de surface utile plantée de roseaux (8lits)	Mowing, by motor mower/CH S (ha)	oui
Transport pour faucardage roseaux A/R (voiture)	20 3	km personne	1/an		Transport, passenger car, diesel, EURO4/CH S (personkm)	oui
Fin de vie des roseaux	80% brûlés sur place 20% compostés		1/an	Combustion sur place. Impact CO2 nul car considéré comme biogénique Pas de process spécifique à l'amendement	-	oui

REJETS/EMISSIONS DU SYSTEME BA « RHIZO » 5200 EH

Les rejets/émissions sont identiques à ceux du système BA 1500, qui est aussi sur la même filière de BA avec rhizocompostage. Se référer au Erreur ! Source du renvoi introuvable..

8.3. Inventaire (LCI) du système BA 5200 EH, version Conditionnement Physico-Chimique

SYNTHESE DES VALEURS D'INVENTAIRE RETENUES ET DES SOURCES DE DONNEES

Les inventaires des étapes de construction et de l'exploitation/maintenance du système BA de base sont synthétisés dans les Tableau 14 et Tableau 15. Davantage de détails sur les matériaux de construction et les hypothèses de dimensionnement des ouvrages sont donnés en Annexe.

Sources des Tableau 14 et Tableau 15 aux pages suivantes:

[1] Rapport Dimensionnement STEU BA
[2] Dossier marché station de la BA 1500 EH de Peroy les Gombries (HYDREA)
[3] Dossier marché station de la BA 5200 EH d'Olwisheim (France Assainissement)
[4] Bilans de matière

ETAPE DE CONSTRUCTION BA « COFLO » 5200 EH

Tableau 14. Inventaire de l'étape de construction de la STEU "CoFlo" 5 200 EH (durée de service de l'infrastructure de 30ans)

Matière/Process *Etape Construction*	**Quantités/Flux Valeur**	**Unité**	**Fréquence des flux**	**Source d'estimation des quantités/flux**	**Sources des données ACV de base utilisée (Ecoinvent et autres)**	**Fin de vie incluse**
Travaux						
Terrassement	175	hr	1	[1]	GC111 : Equipe terrassement STEP	-
Génie civil	770	hr	1	[1]	GC121 : Equipe genie civil STEP	-
Canalisations	280	hr	1	[1]	GC110 : Equipe pose canalisation STEP	-
Démantèlement						-
Tractopelle Chantier	200	hr	1	[1]	Fiche Tractopelle Chantier (Excavation, skid-steer loader/RER S)	-
Poste de relevage entrée						
Génie civil	3.8	ton	1	[1]	MX000	oui
	3.5	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	120	kg	1	[1]	MX002	oui
	40	kg	1	[1]	MX013	oui

	60	kg	1	[1]	MX017	oui
	300	kg	1	[1]	MX012	oui
	500	kg	1	[1]	MX014	oui
Regard à Vannes	2.4	ton	1	[1]	MX000	oui
	5	ton	1	[1]	MX001	oui
	300	kg	1	[1]	MX002	oui
	150	kg	1	[1]	MX016	oui
Prétraitement						
Génie civil	15	ton	1	[1]	MX000	oui
	24.6	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	2	ton	1	[1]	MX001	oui
	440	kg	1	[1]	MX002	oui
	100	kg	1	[1]	MX003	oui
	10	kg	1	[1]	MX005	oui
	650	kg	1	[1]	MX012	oui
	260	kg	1	[1]	MX013	oui
	700	kg	1	[1]	MX014	oui
Regard de répartition	1.4	ton	1	[1]	MX000	oui
	2.4	ton	1	[1]	MX001	oui
	50	kg	1	[1]	MX012	oui
	20	kg	1	[1]	MX014	oui
Bassin d'Aération						
Génie civil	162	ton	1	[1]	MX000	oui
	196	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	980	kg	1	[1]	MX002	oui
	200	kg	1	[1]	MX005	oui
	50	kg	1	[1]	MX011	oui
	610	kg	1	[1]	MX012	oui
	815	kg	1	[1]	MX013	oui
	550	kg	1	[1]	MX014	oui
	135	kg	1	[1]	MX017	oui
	500	kg	1	[1]	MX018	oui
Dégazage	3	ton	1	[1]	MX000	oui
	26	ton	1	[1]	MX001	oui

	210	kg	1	[1]	MX012	oui
Clarificateur						
Génie civil	136	ton	1	[1]	MX000	oui
	216	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	700	kg	1	[1]	MX012	oui
	220	kg	1	[1]	MX013	oui
	500	kg	1	[1]	MX014	oui
	10	kg	1	[1]	MX017	oui
Puits à boues	4	ton	1	[1]	MX000	oui
	18.4	ton	1	[1]	MX001	oui
	220	kg	1	[1]	MX002	oui
	40	kg	1	[1]	MX013	oui
	60	kg	1	[1]	MX017	oui
Poste Toutes Eaux						
Génie civil	3.8	ton	1	[1]	MX000	oui
	17.2	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	120	kg	1	[1]	MX002	oui
	40	kg	1	[1]	MX013	oui
	60	kg	1	[1]	MX017	oui
Canal de comptage						
Génie civil	8	ton	1	[1]	MX000	oui
	12	ton	1	[1]	MX001	oui
Equipements	120	kg	1	[1]	MX012	oui
	30	kg	1	[1]	MX014	oui
	250	kg	1	[1]	MX016	oui
Skid EID						
Equipements	90	kg	1	[1]	MX000	oui
	20	kg	1	[1]	MX002	oui
	20	kg	1	[1]	MX013	oui
	10	kg	1	[1]	MX017	oui
Circuits hydrauliques						
Canalisations	8200	ton	1	[1]	MX001	oui
	960	kg	1	[1]	MX002	oui
	3800	kg	1	[1]	MX003	oui

	500	kg	1	[1]	MX014	oui
Réseaux divers						
Télécom	300	kg	1	[1]	MX005	oui
	260	ton	1	[1]	MX007	oui
	54	ton	1	[1]	MX008	oui
	34	kg	1	[1]	MX017	oui
Electricité / éclairage	700	kg	1	[1]	MX005	oui
	450	ton	1	[1]	MX007	oui
	94	ton	1	[1]	MX008	oui
	800	kg	1	[1]	MX012	oui
	50	kg	1	[1]	MX014	oui
	120	kg	1	[1]	MX017	oui
Eau potable	60	kg	1	[1]	MX005	oui
	310	ton	1	[1]	MX007	oui
	66	ton	1	[1]	MX008	oui
Traitement des boues						
Epaississement	40	kg	1	[1]	MX002	oui
	30	kg	1	[1]	MX003	oui
	100	kg	1	[1]	MX005	oui
	100	kg	1	[1]	MX012	oui
	40	kg	1	[1]	MX013	oui
	800	kg	1	[1]	MX014	oui
	60	kg	1	[1]	MX016	oui
	35	kg	1	[1]	MX017	oui
Conditionnement	400	kg	1	[1]	MX002	oui
	50	kg	1	[1]	MX003	oui
	300	kg	1	[1]	MX005	oui
	200	kg	1	[1]	MX012	oui
	300	kg	1	[1]	MX013	oui
	550	kg	1	[1]	MX014	oui
	180	kg	1	[1]	MX017	oui
Déshydratation	500	kg	1	[1]	MX002	oui
	200	kg	1	[1]	MX006	oui
	250	kg	1	[1]	MX012	oui

	1600	kg	1	[1]	MX013	oui
	140	kg	1	[1]	MX017	oui
Stockage final	105	ton	1	[1]	MX000	oui
	110	ton	1	[1]	MX001	oui
Aménagements généraux						
Voirie lourde	12.8	ton	1	[1]	MX000	oui
	760	ton	1	[1]	MX007	oui
	100	ton	1	[1]	MX009	oui
	280	kg	1	[1]	MX019	oui
Voirie intérieure	1220	ton	1	[1]	MX017	oui
	580	kg	1	[1]	MX019	oui
Infrastructure métallique	3	ton	1	[1]	MX013	oui
	600	kg	1	[1]	MX014	oui
Clôtures	40	kg	1	[1]	MX003	oui
	400	kg	1	[1]	MX014	oui
	80	kg	1	[1]	MX015	oui
Câblage cuivre	271.2	kg	1	[1]	Copper, at regional storage/RER S	oui
	800	m	1	[1]	Cable, three-conductor cable, at plant/GLO S	oui
Allées piétonnes	12.8	ton	1	[1]	MX000	oui
	760	ton	1	[1]	MX007	oui
	280	kg	1	[1]	MX019	oui
Aménagements paysagers et emprise de la station	39600	m2.a	1	[1]	Occupation, industrial area, vegetation	oui
	90000	m2.a	1	[1]	Occupation, industrial area, built up	oui

ETAPE D'EXPLOITATION/MAINTENANCE « COFLO » 5200 EH

Tableau 15. Inventaire de l'étape d'exploitation/maintenance de la STEU "CoFlo" 5 200 EH (sur la base d'un jour de fonctionnement)

Matière/Process *Etape exploitation/Maintenance*	**Quantités/Flux**		**Fréquence des flux**	**Source d'estimation des quantités/flux**	**Sources des données ACV de base utilisées (Ecoinvent et autres)**	**Fin de vie incluse**
	Valeur	**Unité**				
Poste de relevage entrée						
Bâche Eaux Usées	195840	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-

Prétraitement

Dégrilleur fin avec aération	28512	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Vis compacteuse	28440	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	
Dégraisseur Dessableur Combiné	79200	kJ	/jour	[3]		
Classificateur à sables	12960	kJ	/jour	[3]		oui

Bassin d'Aération

Aération, surpresseur d'air	1149120	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Brassage, Zone de Contact (1 agitateur immergé)	50904	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Brassage, Zone Aérée (2 agitateurs immergés)	145440	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
	6336	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Déphosphatation, dosage & pompage solution FeCl3 @ [Fe]=200g/L	95.7	kg	/jour	[3] Solution commerciale de FeCl3 à 14% en masse de Fer pur, masse volumique 1.45kg/L. Consommation de 66L/j i.e. 95.7kg/j de FeCl3. Transport sur 50km	Iron (III) Chloride, 40% water	-
	50	km			Transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER S (tkm)	oui

Dégazage

Fosse à flottants (pompe péristaltique)	20304	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-

Poste Toutes Eaux

Pompes de relèvement colatures	12960	kJ	/jour	**[3]Hyp.** Relevage pendant 1,5h. Pourla BA 1500 l'estimation du relevage~0,7h	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-

Clarificateur

Pont râcleur à entraînement périphérique	12096	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-

Recirculation des boues

Puits à boues, extraction	197820	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-

Traitement des boues: Physico-chimique

Grille d'égouttage (GDD)	5583.6	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Extraction boues vers GDD	84600	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-

Floculants GDD (polymères)	Centrale de préparation solution polymère (épaississement)	236	g	/jour	Consommation: Polymères 8L/T de MS ie 0,568T*8=4,5L/j. Solution polymère contenant 52,5g/L de N-meth. Transport du polymère sur 50km.	N-methylolacrylamide	non
		236	g			Methyl methacrylate, at plant/RER S	non
		50	km			Transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER S (tkm)	-
	2 pompes doseuses (dont 1 en service).	5583.6	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Bâche de stockage boues épaissies (Agitateur à vitesse lente pour brassage)		23688	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Extractions boues de la bâche de stockage vers le bac de maturation (pompes)		10692	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Floculants Maturation **Option 1 - avec polymères**	Centrale de préparation solution polymère **(conditionnement)**	478	g	/jour	Consommation: Polymères 16L/T de MS ie 0,568T*16=9,1L/j. Solution polymère contenant 52,5g/L de N-meth. 9,1L*52,5g/L=478g. Transport du polymère sur 50km.	Methyl methacrylate, at plant/RER S	non
		478	g			N-methylolacrylamide	non
		50	km			Transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER S (tkm)	-
		3722.4	kJ	/jour		Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
	2 pompes doseuses (dont 1 en service).	4737.6	kJ	/jour		Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Floculants Maturation **Option 2 - avec lait de chaux**	Bac de préparation de **lait de chaux** (1 agitateur, 1 doseur)	199	kg		Consommation de lait de chaux: 199kg/j. Deux options de maturation: soit avec polymères soit avec lait de chaux.	Lime, hydrated, packed, at plant. CH S	non
		50	km	/jour	Transport de la chaux sur 50km	Transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER S (tkm)	-
		9108	kJ		[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
	2 pompes doseuses (dont 1 en service).	5544	kJ		[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Bâche de maturation boues épaissies/conditionnées	2 pompes volumétriques pour extraction boues vers bâche de maturation (1 en service)	22356	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
	Agitateur à vitesse lente pour brassage	11592	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-

Filtre Presse à plateaux chambrés	2 pompes à lobe	52164	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
	Centrale hydraulique	6480	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
	Dispositif de lavage automatique	59400	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Convoyage des boues déshydratées	Convoyeur à vis	50400	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Extracteur mural local		21600	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Skid (surpresseur)		103680	kJ	/jour	[3]	Electricity, low voltage, at grid/FR S (kWh)	-
Fin de vie des boues (**Option 1**, avec polymères)		415.1	kg	/jour	Scénario Boues B02		oui
		118.6	kg	/jour	Process-specific burdens, municipal waste incineration/ CH S (kg)		oui
		59.3	kg	/jour	Process-specific burdens, residual material landfill/ CH S (kg)		oui
Fin de vie des boues (**Option 2**, avec lait de chaux)		538.3	kg	/jour	Scénario Boues B02		oui
		153.8	kg	/jour	Process-specific burdens, municipal waste incineration/ CH S (kg)		oui
		76.9	kg	/jour	Process-specific burdens, residual material landfill/ CH S (kg)		oui
Transport pour inspection A/R		20	km	/jour	Transport, passenger car, diesel, EURO4/CH S (personkm)		oui
		1	personne				

REJETS/EMISSIONS SYSTEME BA « COFLO » 5200 EH

Les émissions/rejets d'un système BA avec filière de conditionnement des boues par coagulation/floculation (« CoFlo ») sont détaillées au Tableau 16 consolidé à partir du bilan de matière **BM1.2** sur l'étape de déphosphatation.

En effet, lors du conditionnement des boues (schématisé à la Figure 4), les émissions à l'air sont estimées comme négligeables, la majorité du dégazage intervenant dans le bassin d'aération. Par ailleurs, il n'y a pas de rejets liquides à l'environnement extérieur, car les percolats et filtrats de la grille d'égouttage et du filtre presse sont retournés en tête de filière de traitement des eaux usées.

Tableau 16. Inventaire de l'étape des émissions/rejets du système BA CoFlo (déphosphatation)

BM1.2 Dé-Phosphatation

Matière/Process Etape Rejets/Emissions (g/j/hab)	Quantité/Flux		Fréquence flux	Source d'estimation des quantités / flux	Sources des données ACV de base utilisée (Ecoinvent)	Fin de vie incluse
	Valeur	Unité				
Rejets dans l'eau :						
NH_4^+	0.39	g	1/ jour	[4]	Ammonium, ion	-
Norg	0.60	g			Nitrogen, total	
NO_3^{2-}	1.33	g			Nitrate	
PO_4^{3-}	0.15	g			Phosphate	
P	0.14	g			Phosphorus	
DCO	10.8	g			COD, Chemical Oxygen Demand	
Cl^-	4.3	g			Chloride	
Cminéral (HCO^{3-})	10.0	g			Carbonate	
Emissions dans l'air :						
N_2O	0.47	g	1/ jour	[4]	Dinitrogen monoxide	-
CO_2	46.5	g			Carbon dioxide, biogenic	
CH_4	0.09	g			Methane, biogenic	

8.4. Bilans de matière du système BA

Pour un système STEU BA dimensionné pour charges en temps sec, réseau séparatif, les Tableau 18, Tableau 19 et Tableau 20 présentent des budgets équilibrés où les valeurs en rouge sont calculées par différence en supposant que les autres valeurs soient fixées.

Tableau 17. Légende des bilans de matière

0.6	d'après sources
0.15	estimation
<<	négligeable
8,28	calculé par différence de la balance
0,45	valeur obtenue par calcul

Tableau 18. BM1.1 - Traitement eaux usées entrant en STEU, Base BA, sans déphosphatation physico-chimique

	Substances	INPUT Eaux Usées (g/j/hab)	Emissions et rejets directs			Sous-produits		
			Emissions air Totales	Emissions sol	Rejets eau	CP1 Boues Bio (activées)		
Azote	$N\text{-}NH_4$	7.5			0.3	8.65		
	N-org	2.5			0.6	<<		
	$N\text{-}NO_{2+3}$	0			**0.3**	<<		
	$N\text{-}NH_3$		<<					
	N-NO		<<					
	$N\text{-}N_2O$		**0.15**					
	$N\text{-}N_2$		<<					
	N Total, Entrée	*10*	**0.15**		1.2	8.65	10	N Total, Sortie
Phosphore	P-org	0.4			0.06	0.34		
	$P\text{-}PO_4$	1.6			1.12	0		
	$P\text{-}P_2O_5$	0			0	**0.48**		
	P Total, Entrée	*2*			1.18	**0.82**	2	*P Total, Sortie*
Carbone	C-org	45			2	30.25		
	$C\text{-}CO_2$		12.69					
	$C\text{-}CH_4$		0.06					
	C-mineral	5			2	3		
	C Total, Entrée	*50*	**12.75**		4	33.25	50	*C Total, Sortie*
ETM	Ni	x			A définir - coef de transfert aux effluents de la forme dissoute	A définir - coef de biosorption		
	Pb	x						
	Fe	x						
	Cu	x						
	Zn	x						
CTO	HAP	x	A définir		A définir	A définir		
	AOX	x	A définir		A définir	A définir		
	TBT	x	A définir		A définir	A définir		

Tableau 19. BM1.2 - Traitement Eaux Usées entrant en STEU BA avec Déphosphatation (FeCl3)

	Substances	INPUT Eaux Usées (g/j/hab)	Emissions et rejets directs			Sous-produits	
			Emissions air Totales	Emissions sol	Rejets eau	CP2 Boues Dé-P	
Azote	**cf. cas précédent Base BA**						
Phosphore	P-org	0.4			0.14	**0.74**	
	$P-PO_4$	1.6			0.05	0.00	
	$P-P_2O_5$	0			0	1.07	
	P Total, Entrée	*2*			0.19	**1.81**	2 *P Total, Sortie*
Carbone	**cf. cas précédent Base BA.**						
ETM	Ni	x					
	Pb	x					
	Fe	2.10			0	**2.10**	
	Cu	x					
	Zn	x					
CTO	**cf. cas précédent Base BA**						
Autres	Cl	4.27			4.27		4.27

Tableau 20. BM2.1. Traitement des Boues sur lits de séchage plantés de roseaux (rhizocompostage)

	Substances	INPUT Boue à traiter (g/j/hab)	Emissions et rejets directs			Sous-produits				
			Emissions air Totales	Emissions sol	Rejets eau (percolats)	CP1 Boues stabilisées	CP2 Macrophytes ou autres	CP3 Massif filtrant		
Azote	$N\text{-}NH_4$	8.65			<<	7.765		0.1		
	N-org				<<	<<	0.76			
	$N\text{-}NO_{2+3}$				<<	<<		<<		
	$N\text{-}NH_3$		<<							
	N-NO		<<							
	$N\text{-}N_2O$		0.025							
	$N\text{-}N_2$	*8.65*	0.025			7.765	0.76	0.1	8.65	N Total, Sortie
Phosphore	*N Total, Entrée*	0.34				0	0.05	<<		
	P-org	0			<<	0	<<	0		
	$P\text{-}PO_4$	0.48			<<	0.77	<<	0		
	$P\text{-}P_2O_5$	*0.82*			0	0.77	0.05	0	0.82	*P Total, Sortie*
Carbone	*P Total, Entrée*	29.5			<<	14.75	<<	<<		
	C-org		14.68							
	$C\text{-}CO_2$		0.07							
	$C\text{-}CH_4$	3			1.2 (1)	1.8				
	C-mineral	*32.5*	14.75		1.2	16.55	0	0	32.5	*C Total, Sortie*
ETM	*C Total, Entrée*	x								
	Ni	x			A définir - coef de transfert aux effluents de la forme dissoute	A définir - coef de biosorption	A définir	A définir - coef d'adsorption au media filtrant (soil sorption)		
	Pb	x								
	Fe	x								
	Cu	x								
CTO	Zn	x	A définir		A définir	A définir	A définir - coef de biosorption	A définir - coef de biosorption		
	HAP	x	A définir		A définir	A définir				
	AOX	x	A définir		A définir	A définir				

(1) Cette valeur a été calculée mais ne sera pas prise en compte dans l'inventaire des émissions car elle concerne des percolats, retournés en tête de file, et ne consistent pas en émissions directes à l'environnement.

8.5. Fin de vie des boues : Module Epandage/Compostage

Afin de boucler l'analyse ACV, il est important de renseigner les impacts dus à la fin de vie des boues générées en sortie de STEU.
Le Tableau 21 présente les filières d'élimination des boues en France et en Suisse à partir de données générales assez récentes. Dans son rapport[11], Doka (2007) évaluent une distribution des options de fin de vie des boues en 2000 à partir de données de BUWAL (1994)[12] extrapolées. Celles-ci sont représentées au **Tableau** 22, qui explicite les hypothèses retenues pour la fin de vie des boues dans le modèle de STEU Suisse disponible dans la base de données ecoinvent.

Tableau 21. Evolution des filières d'élimination des boues en France et en Suisse (% de tonnage MS)

Source	Année	Epandage Agricole	Décharge	Incinération
France				
ADEME (2000)	2000	60%	25%	15%
APCA (Enquête Cemagref)	2007	70% (1)	12%	18%
(1) dont 46 % en épandage direct et 23 % après compostage préalable				
Suisse				
BUWAL (2001)	2000	38.6%	2.4%	59%

Tableau **22**. Estimation des filières des boues digérées pour différentes classes de capacité de STEU en 2000 (% de tonnage MS)

Source	Classe	Epandage Agricole	Décharge	Incinération
Zimmermann et al., 1996 et BUWAL: Extrapolation à l'année 2000 à partir de données 1994	1	28%	0%	71,70%
	2	38,67%	0%	61,30%
	3	46,86%	0%	53,10%
	4	71,40%	0%	28,60%
	5	70,65%	0%	29,30%
Teneur en eau, %massique		93,30%	92%	63%

On remarque que les données retenues par Doka (2007) pour les STEU de Classe 4 (5 321 Equivalent-Habitants) sont proches des chiffres de l'enquête Cemagref (APCA, 2007), ce qui est attendu avec un parc français de STEU dominé par des stations de moins de 5 000 EH.

Nous allons retenir pour la suite de cette étude :

- 70 % de valorisation agricole des boues dont :
  - 46 % sont épandues directement,
  - 23 % compostées.
- 10 % de mise en décharge,
- 20 % d'incinération.

Dans les inventaires de données ecoinvent 2000 pour la production agricole, il n'existe pas de « process » d'application aux champs de boues d'épuration (Nemecek *et al.*, 2007). Il faut donc créer un module Epandage, ainsi qu'un module de Compostage pour les boues qui seront valorisées agronomiquement.
Ces modules étant en cours de finalisation[13], ils feront l'objet de RTI's indépendants où seront notamment explicitées les hypothèses retenues pour modéliser l'épandage et le compostage des boues de STEU, dont les :

[11] Ecoinvent report No.13 – part IV – Wastewater Treatment, pp. 37-38
[12] BUWAL, 1994. Cité dans Doka, 2007: Ecoinvent report No.13 – part IV – Wastewater Treatment, p37
[13] Dans cette étude, on assimilera les boues compostées à des boues épandues directement, en attendant de disposer d'un module de compostage complet. Ainsi, il y aura 70 % de boues directement épandues sur parcelles agricoles.

- *Emissions liées au stockage*

Les émissions ayant pu se produire lors des stockages temporaires pendant la phase logistique (en bord de parcelles, en containers, etc.) ne sont pas considérées.

- *Engrais minéraux évités*

La quantité d'engrais minéraux « évités » grâce aux apports en N et P principalement des boues est évaluée. Ainsi, l'extraction, la fabrication et le transport de ces engrais minéraux seront pris en compte lorsqu'il y a lieu d'une fertilisation minérale. Cependant, il ne sera pas considéré que l'épandage de boues va changer le nombre ou la fréquence de passage du matériel agricole du fait que l'apport nutritif de ces boues ne va pas substituer totalement une fertilisation classique.

- *Transport des boues*

Il a été pris une distance moyenne de transport de 35 km entre la STEU génératrice de boues et le lieu de stockage intermédiaire, les boues étant transportées par camion benne d'une capacité de 16 tonnes. Le transport entre le lieu de stockage intermédiaire et le lieu d'épandage, distants de 2 km est réalisé par un épandeur attelé à un tracteur de 100 kW (Pradel, 2010).

- *Apport amendement du sol*

L'apport de matières organiques au complexe argilo-humique du sol (Corg et Norg) n'est pas pris en compte actuellement du fait de l'absence d'indicateur de fertilité des sols en ACV.

- *Emissions au champ*

Trois cas se présentent à l'heure actuelle, que l'on peut distinguer entre un épandage avec valorisation agronomique et un épandage sans valorisation agronomique (cas des jachères).

<u>Epandage avec valorisation agronomique :</u>

- Option A. Les émissions d'une boue sont considérées comme identiques aux émissions liées aux engrais
- Option B. Substitution Emissions (boues) aux Emissions (fertilisants minéraux) : Emissions (boues) à calculer par acv3E (logiciel issu du projet ANR Ecodefi)

<u>Epandage sans valorisation agronomique recherchée:</u>

- **Option C. 100% des émissions au champ (N, P) dues aux boues prises en compte.**

- *Eléments Traces Métalliques*

Il manque encore des données pour quantifier les apports en métaux par les boues d'épuration, ces éléments métalliques n'étant pas encore bien quantifiés dans les eaux résiduaires entrantes en station.

- *Composés Traces Organiques (CTO)*

A ce jour, de nombreux CTO ne sont pas encore caractérisés (affectés de facteurs de caractérisation pour certains impacts concernant la santé des écosystèmes et santé humaine) ; mais une étude sur la prise en compte en ACV de ces micropolluants ainsi que des principaux métaux est en cours.

Afin de rester conservatif, dans la suite de cette étude, nous allons retenir l'**Option C**, qui alloue la totalité des émissions aux boues épandues, en l'absence de fertilisation avec engrais minéraux (et donc, d'impacts « évités »).

9. Evaluation des impacts (LCIA)

METHODE DE CALCUL UTILISEE

Sous le logiciel SimaPro, deux analyses des impacts environnementaux ont été réalisées à partir des inventaires établis précédemment. Selon la méthode de calcul choisie, pour une même série de données d'inventaires, on aura une caractérisation différente.
En effet, le calcul des résultats d'indicateur (caractérisation) implique de convertir les résultats d'inventaire en unités commune et d'agréger les résultats convertis au sein de la même catégorie d'impact. Cette conversion utilise des facteurs de caractérisation. Le résultat obtenu est un indicateur numérique (norme ISO 14044, 2006).
Des éléments et des informations facultatifs tel que la normalisation, peuvent être utilisés en fonction des objectifs et du champ de l'étude ACV (norme ISO 14044, 2006). La normalisation est le calcul de l'importance des résultats d'indicateur de catégorie ((en les divisant par des valeurs de référence choisies) par rapport à certaines informations de référence. L'objectif de la normalisation consiste à mieux comprendre l'importance relative de chaque résultat d'indicateur du système de produits étudié.

La méthode **ReCiPe (H) v.1.05** retenue propose une harmonisation entre des indicateurs de catégories « midpoint » et « endpoint » (dommages). En effet, cette méthode combine les caractérisations calculées par CML 2000[14] pour l'approche « midpoint » et les caractérisations calculées par EcoIndicator 99[15] pour l'approche « endpoint » (Figure 8).

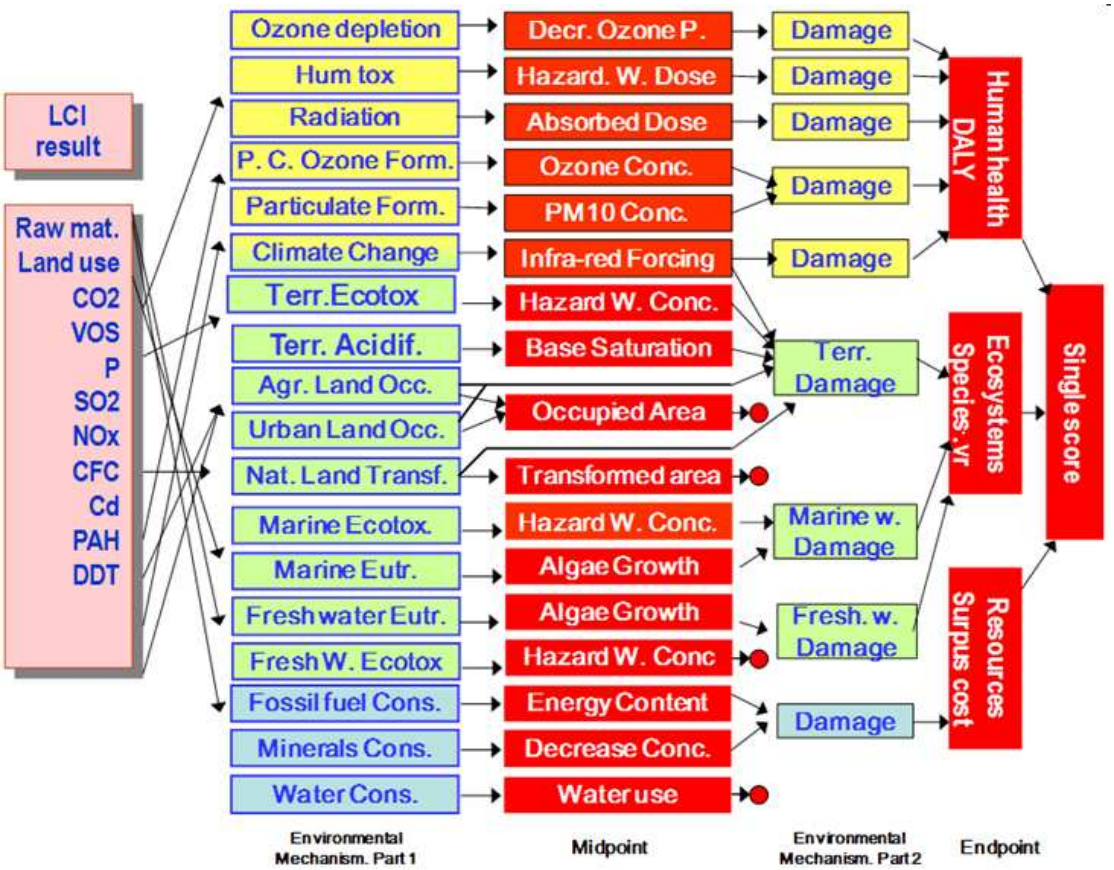


Figure 8. Relations entre Données d'inventaires, indicateurs mid/end-point dans ReCiPe 2008 (Handbook ReCiPe 2008, 1st ed. Report I)

Il y a 18 catégories d'impacts « midpoint » et 3 catégories d'impacts « endpoint », répertoriées aux Tableau 23 et Tableau 24.

[14] CML, University of Leiden, Netherlands. Guinée et al, 2002
[15] PRé Consultants, Amersfoort, Netherlands. Goedkoop & Spriensma, 1999

Tableau 23. Catégories d'impact Midpoint, ReCiPe v.1.05

Abbr.	Catégorie d'impact	Unité des indicateurs
CC	Climate change	kg (CO_2 to air)
OZ	Ozone depletion	kg (CFC-11 to air)
HT	Human toxicity	kg (14DCB to urban air)
POF	Photochemical oxidant formation	kg (NMVOC to air)
PMF	Particulate matter formation	kg (PM10 to air)
IR	Ionising radiation	kg (U235 to air)
TA	Terrestrial acidification	kg (SO2 to air)
F-Eu	Freshwater eutrophication	kg (P to freshwater)
M-Eu	Marine eutrophication	kg (N to freshwater)
TET	Terrestrial ecotoxicity	kg (14DCB to industrial soil)
FET	Freshwater ecotoxicity	kg (14DCB to freshwater)
MET	Marine ecotoxicity	kg (14DCB to marine water)
ALO	Agricultural land occupation	$m^2. yr^{-1}$ (agricultural land)
ULO	Urban land occupation	$m^2. yr^{-1}$ (urban land)
NLT	Natural land transformation	m^2 (natural land)
WD	Water depletion	m^3 (water)
MD	Metal depletion	kg (Fe)
FD	Fossil Fuel depletion	kg (oil)

Tableau 24. Catégories d'impact Endpoint, ReCiPe v.1.05

Abbr.	Catégorie d'impact	Unité des indicateurs
HH	Damage to human health	DALY[16]
ED	Damage to ecosystem diversity	species.yr
RA	Damage to resource availability	$

La première évaluation des impacts se fera sur les indicateurs midpoint uniquement, et la seconde évaluation se fera sur les indicateurs endpoint.

INTERPRETATION DES RESULTATS

ANALYSE PAR LA METHODE RECIPE MIDPOINT V1.05

Les Figure 9, Figure 10 et Figure 11 présentent les résultats de l'analyse de contribution des différents blocs ou étapes des systèmes STEU BA (Rhizo 1500 EH, Rhizo 5200 EH et CoFlo 5200 EH) par la méthode ReCiPe v.1.05 sur les catégories d'impact midpoint.

A titre d'information, les résultats normalisés de l'analyse d'impact pour le système BA CoFlo 5200 EH sont présentés à la.Figure 12.

Les résultats de la comparaison entre les systèmes BA modélisés sont présentés à la Figure 13**.** Ils seront ensuite normalisés aux Figure 14 et Figure 15. Il ressort de ces analyses que les différences entre les 2 filières (rhizocompostage et conditionnement physico-chimique) sont plus marquées sur les catégories d'impact locales (Eutrophisation, Ecotoxicité, Occupation des Sols) que sur les catégories d'impact dites globales.

La normalisation est le calcul de l'importance des résultats d'indicateurs de catégories par rapport à certaines informations de référence (ISO 14 044). Ce calcul est facultatif dans la norme ISO, et il est toujours difficile à interpréter pour un non-spécialiste de l'ACV. Il a cependant l'avantage de rendre commensurables les impacts vis-à-vis de la référence retenue.

Dans notre cas, nous avons réalisé une normalisation par rapport aux impacts moyens d'un citoyen sur un an. En pratique, cela a consisté à transformer chaque résultat d'indicateur (calculé pour notre système

[16] DALY : Disability Adjusted Lost Years of life

d'assainissement par kg de DBO_5) en le divisant par le score moyen d'un habitant pour ce même indicateur.

La normalisation est dans notre cas d'autant plus délicate à interpréter que nous étudions un système de traitement des déchets (en l'occurrence des eaux), c'est-à-dire un système situé en fin d'une multitude d'autres cycles de vie (CV). Or un très grand nombre de CV des produits et services de grande consommation se finissent dans un schéma d'assainissement domestique (nourriture, produits d'entretiens, eaux de lavage). Il est donc tout à fait logique que la normalisation mette en évidence une contribution relative très élevée en Eutrophisation (F-Eu et M-Eu) et en Ecotoxicité d'eau douce (FET) en particulier (cf Figure 12 et Figure 14).

Nous proposons donc une seconde représentation normalisée complémentaire, dans laquelle les catégories d'impacts les plus affectées par les rejets dans l'eau ne sont plus visualisées (Figure 15). On constate alors que les catégories d'impacts les plus importantes **par rapport à la référence retenue** (i.e. impact globaux d'1 citoyen) sont la Toxicité Humaine (HT) et le Rayonnement Ionisant (IR), suivi du Changement Climatique (CC). Par rapport au modèle de STEU BA de la base de données ecoinvent, les systèmes BA modélisés ont un score moins important en Toxicité Humaine, car les métaux lourds ne sont pas pris en compte pour l'instant dans la présente étude.

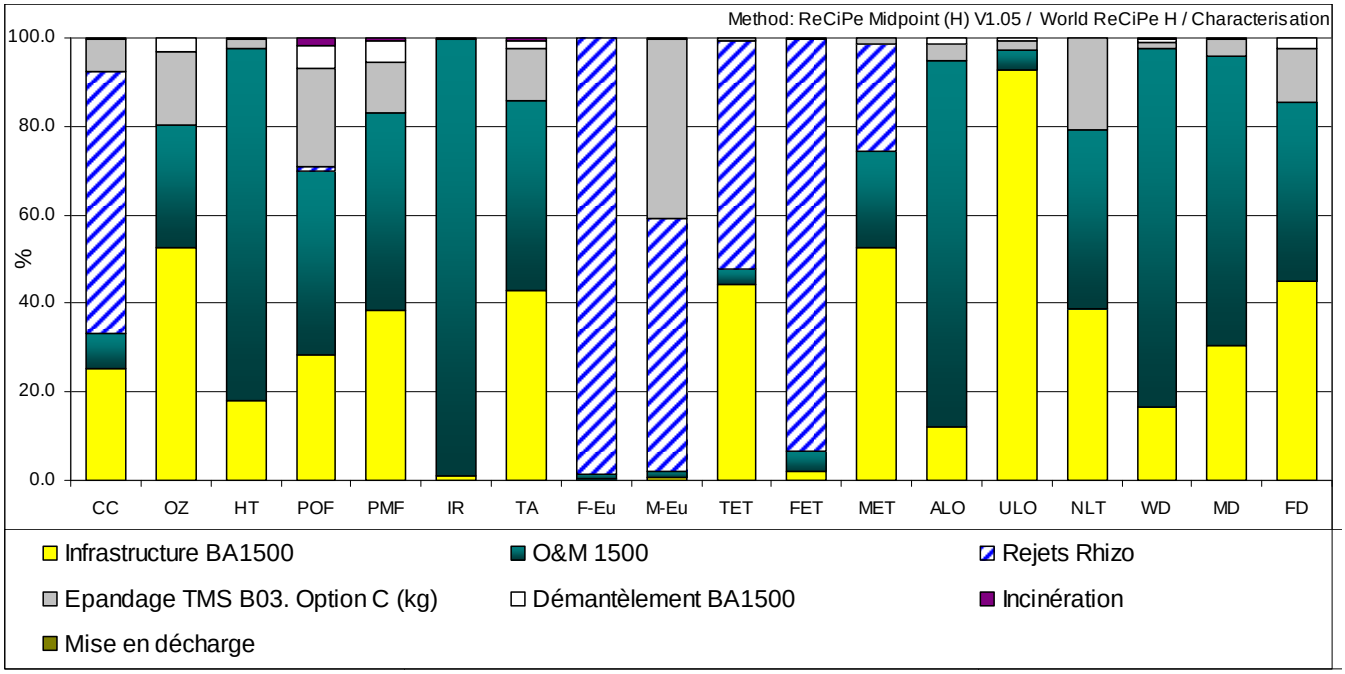


Figure 9. Diagramme de contribution, système BA Rhizo 1500 EH

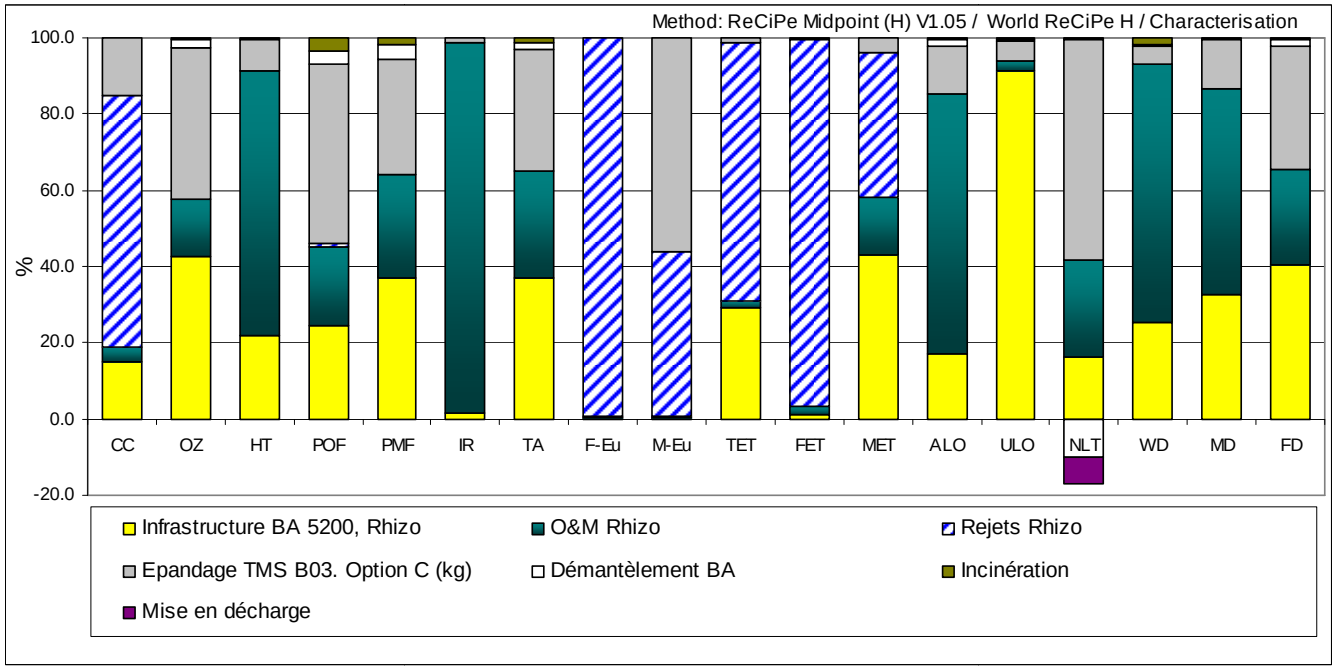


Figure 10. Diagramme de contribution, système BA Rhizo 5200 EH

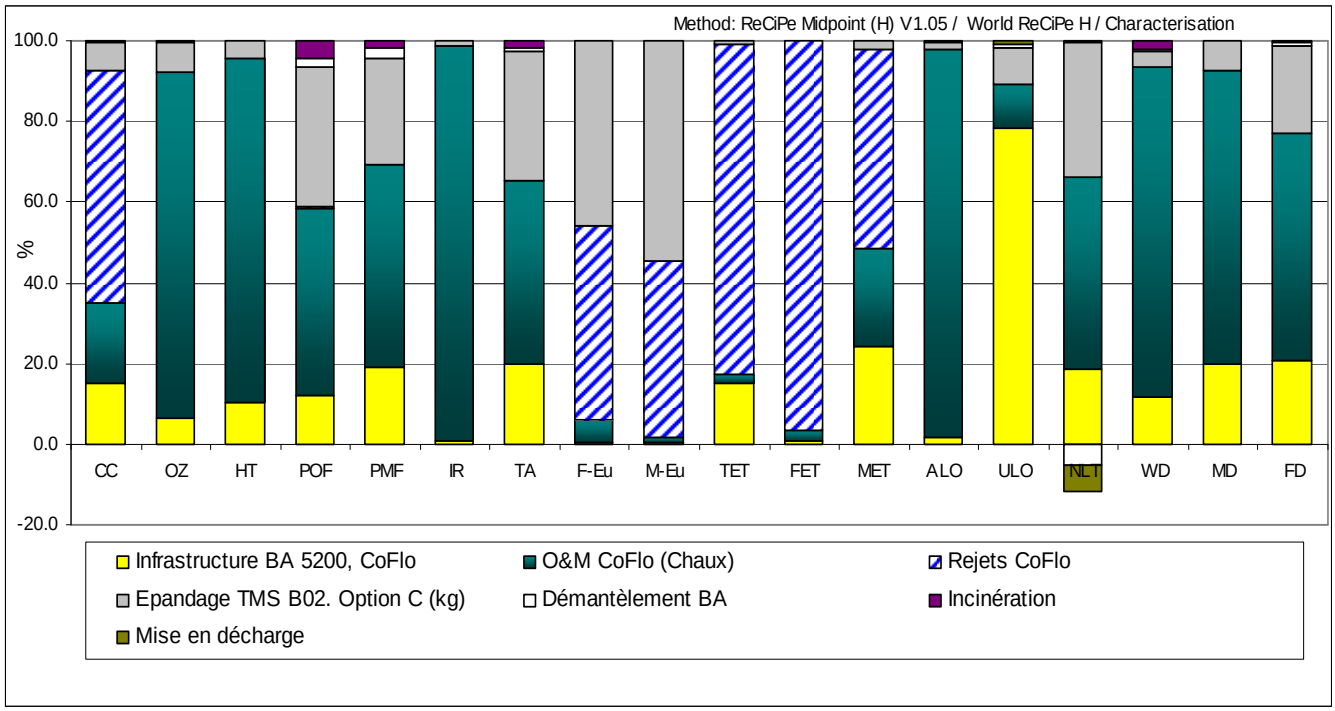


Figure 11. Diagramme de contribution, système BA CoFlo 5200 EH

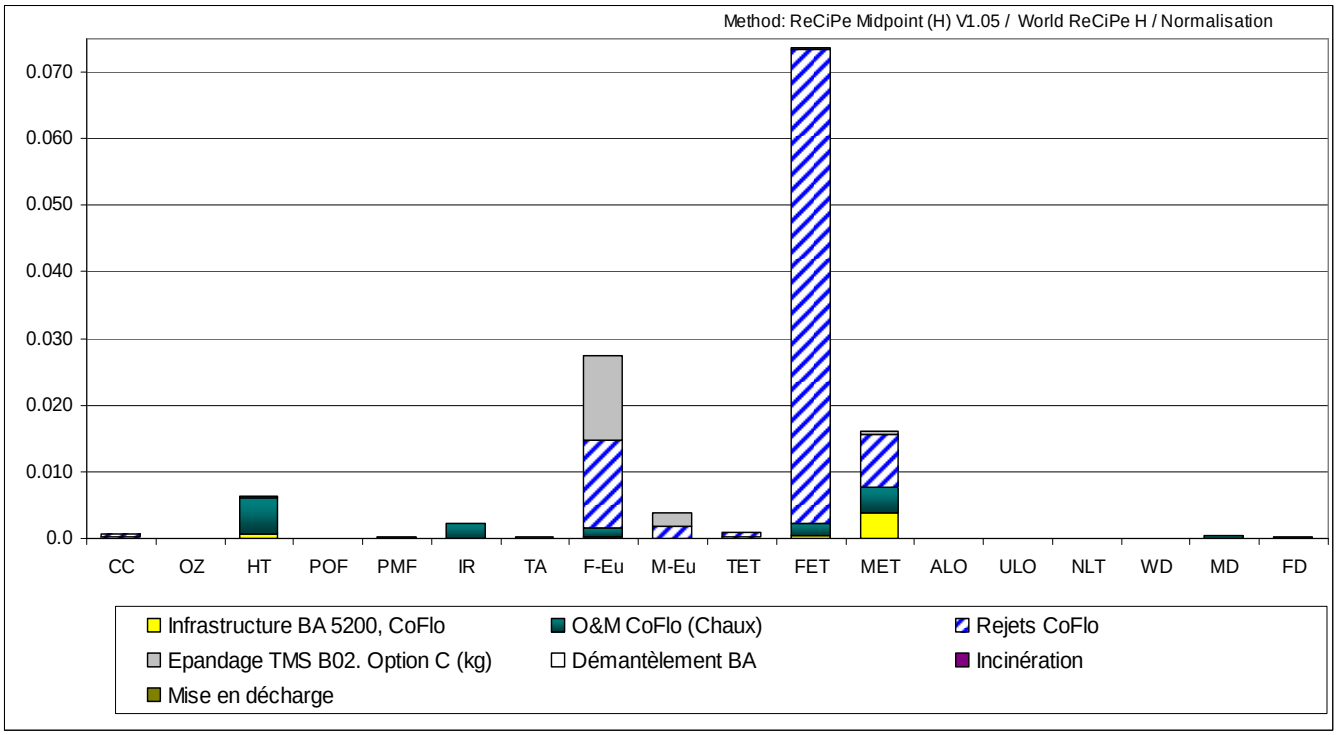
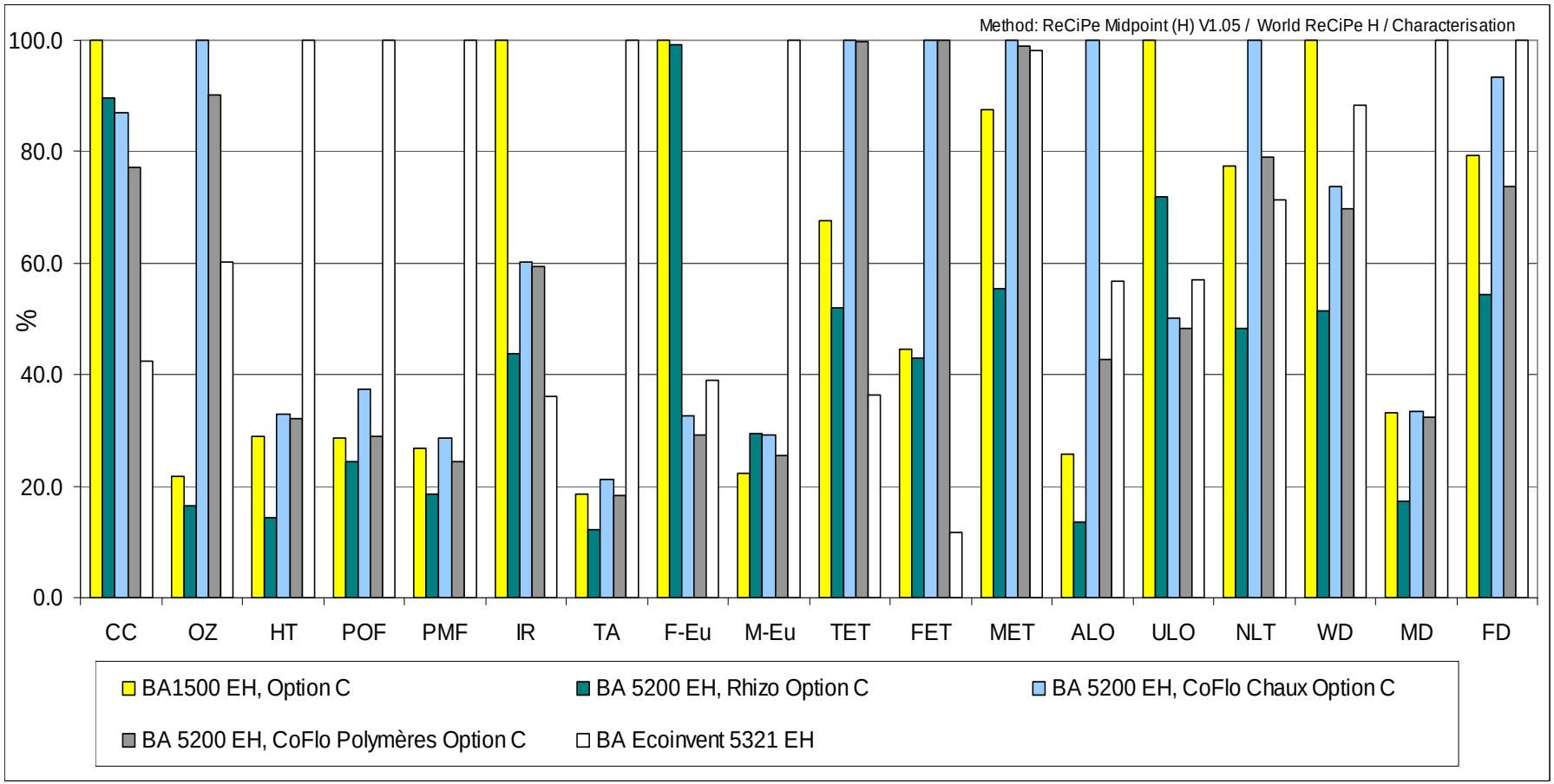


Figure 12. Résultats normalisés, système BA CoFlo 5200 EH



Abbr.	Catégorie d'impact
CC	Climate change
OZ	Ozone depletion
HT	Human toxicity
POF	Photochemical oxidant formation
PMF	Particulate matter formation
IR	Ionising radiation
TA	Terrestrial acidification
F-Eu	Freshwater eutrophication
M-Eu	Marine eutrophication
TET	Terrestrial ecotoxicity
FET	Freshwater ecotoxicity
MET	Marine ecotoxicity
ALO	Agricultural land occupation
ULO	Urban land occupation
NLT	Natural land transformation
WD	Water depletion
MD	Metal depletion
FD	Fossil Fuel depletion

Figure 13. Comparaison des scores d'impact des systèmes BA modélisés

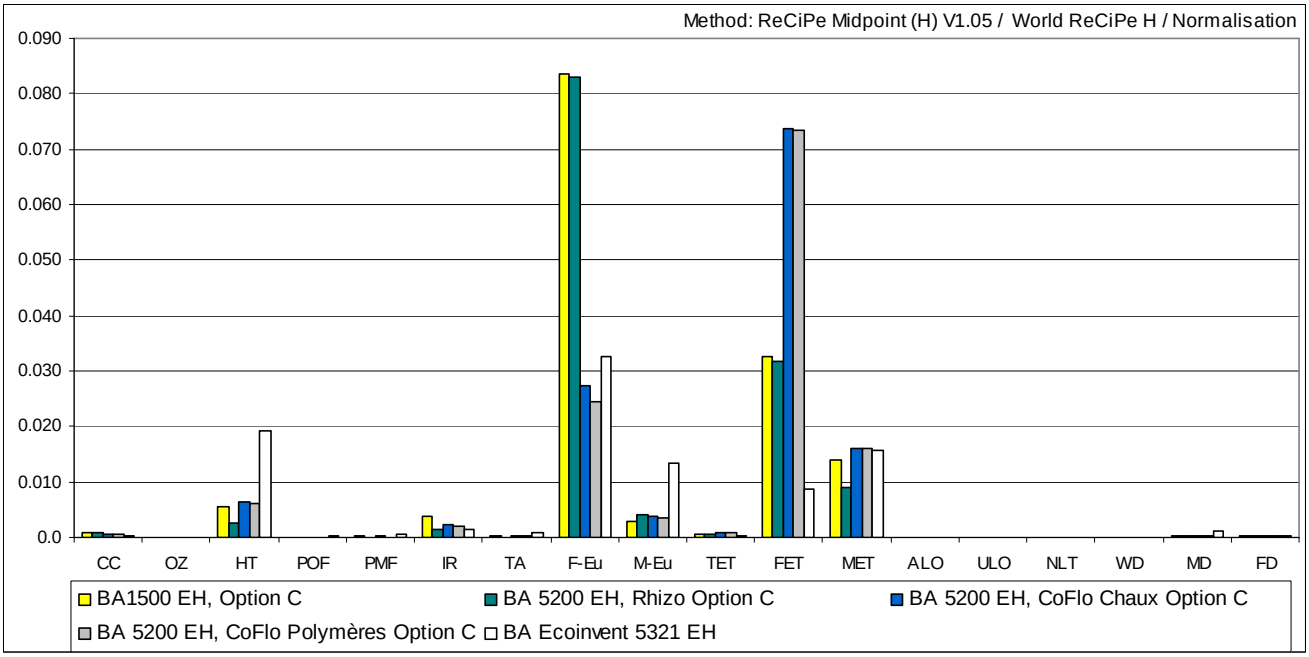


Figure 14. Contributions normalisées des systèmes BA modélisés

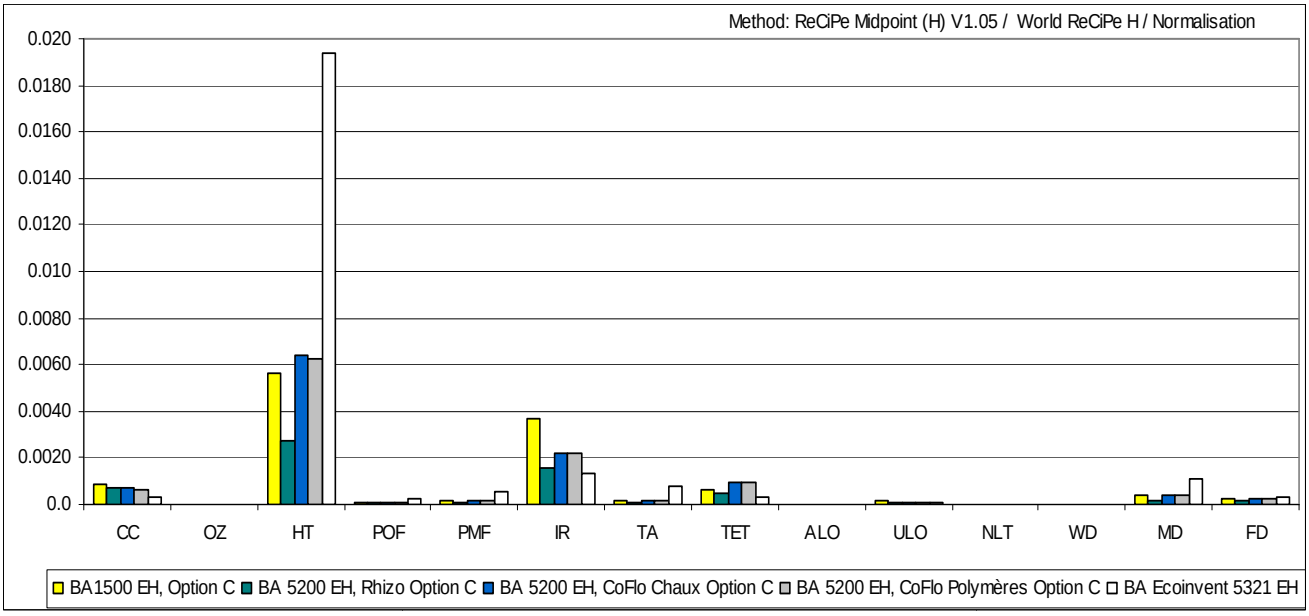


Figure 15. Résultats normalisés simplifiés des systèmes BA

ANALYSE PAR LA METHODE RECIPE ENDPOINT V1.05

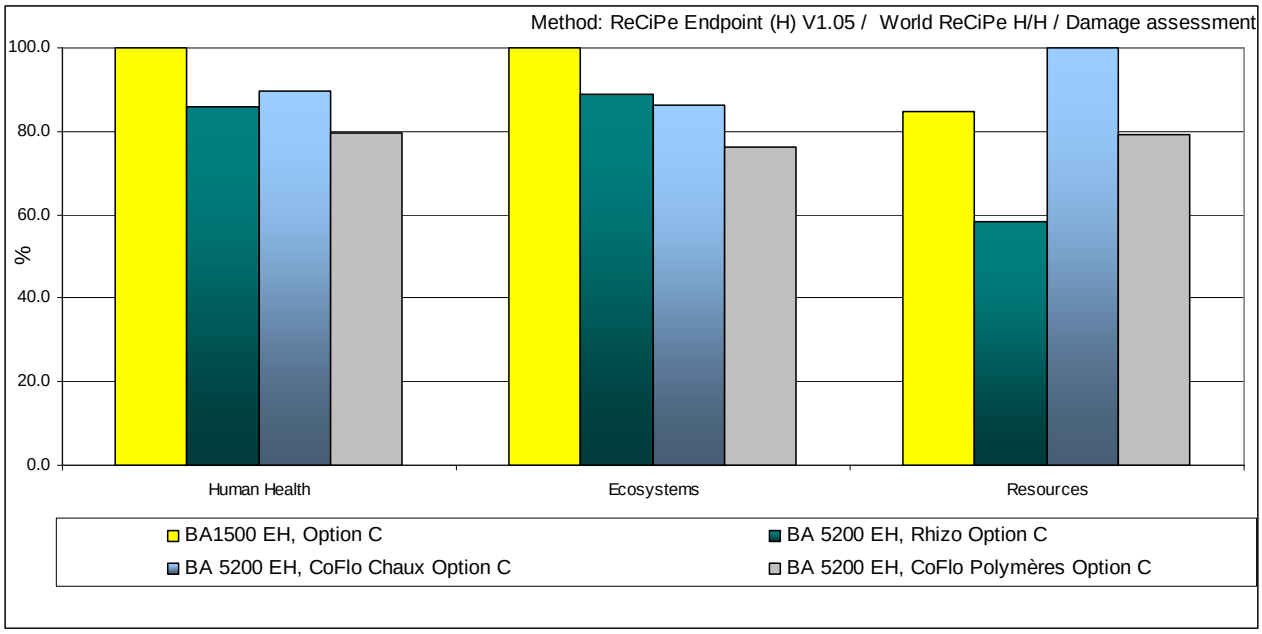


Figure 16. Contributions relatives aux catégories endpoint des systèmes BA

La Figure 16 montre les contributions des différents systèmes BA modélisés sur les impacts endpoint. On peut remarquer un effet d'échelle sur la filière rhizocompostage (entre Rhizo 1500 EH et Rhizo 5200 EH) mettant en évidence que le traitement d'une même charge organique de 1 kg de DBO_5 est globalement plus impactant pour un système de dimension plus petite.

Les systèmes restent globalement proches sur les catégories Santé Humaine et Santé des Ecosystèmes, mais se différencient par l'utilisation de ressources, plus intensives dans le cas de la filière avec conditionnement physico-chimique (électricité et réactifs).

Il est également possible d'agglomérer les scores des différents systèmes sur un indicateur unique (exprimé en millipoints), comme présenté à la Figure 17 . Nous déconseillons ce mode de représentation qui, sous une simplicité apparente d'interprétation (i.e. indicateur unique) masque en fait des pondérations et une normalisation par rapport à un citoyen moyen.

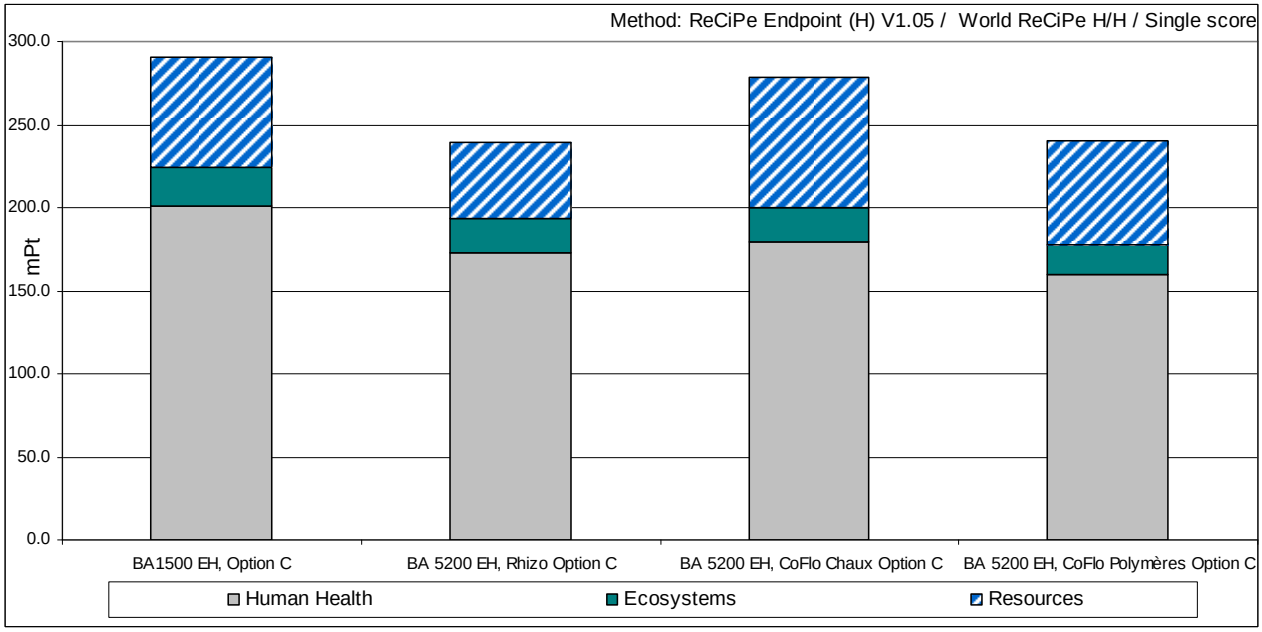


Figure 17. Scores des systèmes BA exprimés en millipoints

10. Conclusions

Le présent rapport éclaire sur la quantité et la qualité des informations à recueillir lors de la phase d'inventaire d'une ACV d'un système d'assainissement. Il permet d'appréhender le poids respectif des différents contributeurs aux impacts. Enfin, il met en lumière l'importance des émissions dans l'air, l'eau et le sol des substances azotées et/ou carbonées rendant nécessaire la réalisation de bilans matières équilibrés entres les entrées dans les eaux usées et les émissions/rejets (Tableau 18 et Tableau 19). Globalement les systèmes étudiés ici sont assez proches et donc leurs performances environnementales sont voisines. Les prochains rapports présenteront des filières plus extensives (type Filtres plantés de roseaux) qui entraineront probablement des comparaisons plus contrastées.

Sur le plan de la présentation des résultats et de leur interprétation, la présente étude nous amène à formuler les conclusions suivantes :

- Les indicateurs « midpoint » (avec leurs 18 catégories d'impacts pour la méthode retenue) apportent une information riche et détaillée permettant d'identifier facilement les principaux contributeurs à chaque catégorie d'impact (substances, étapes du cycle de vie, process, etc.). Ils sont donc à privilégier pour d'identifier les pistes d'amélioration et d'optimisation possibles du système lors d'un travail **d'éco-conception**.
- Pour ce qui concerne la prise de décision, notamment pour les choix entre filières d'épuration, les indicateurs « midpoint » peuvent être délicats à interpréter en raison de leur caractère multicritère avec un grand nombre d'indicateurs. Cette difficulté peut être amplifiée lorsque les différences s'expriment sur des catégories d'impacts difficiles à hiérarchiser[17]. Une approche avec des indicateurs « endpoint » correspondants aux trois aires de protections de l'ACV (Santé Humaine, Ecosystèmes, Ressources) peut alors être utilisée. Dans ce cas, il faut bien faire prendre conscience aux décideurs du degré d'incertitude dans les chaines de causalités permettant d'évaluer les indicateurs endpoint aux midpoint. En l'état actuel du développement des méthodes ACV, l'utilisation d'indicateurs uniques est déconseillée. En effet, ceux-ci masquent sous une simplicité d'interprétation apparente liée au score unique des pondérations et des normalisations discutables.

[17] Par exemple, une filière va utiliser beaucoup d'énergie électrique nucléaire (i.e. Ionising Radiation + Abiotic depletion) et une autre, plus extensive, va être moins efficace en terme de traitement et donc générer plus d'Eutrophisation potentielle.

11. ANNEXES

11.1. Références

Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux (Ouvrage Collectif), 2005 - Epuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes - Recommandations techniques pour la conception et la réalisation, pp.12-13

BUWAL, 1994 - Daten zum Gewässerschutz in der Schweiz. Umwelt-Materialien Nr. 22, Gewässerschutz, BUWAL, Berne, Switzerland.

Canler, J.P., Perret, J.M., Choubert, J.M., 2007 - Le traitement du carbone et de l'azote pour des stations d'épuration de type boue activée confrontées à des fortes variations de charge et à des basses températures : Cas des stations touristiques hivernales de montagne - Documentation technique FNDAE n°34 – CEMAGREF

Canler, J.P., Perret, J.M., 2007 – Les clari-floculateurs plus particulièrement utilisés en traitement tertiaire. Documentation technique FNDAE n°35 – CEMAGREF. http://www.eau.fndae.fr/documentation/numero_35.htm

Deronzier, G., Schétrite, S., Racault, Y., Canler, J.P., Liénard, A., Héduit, A., Duchène P., 2001 – Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités - Documentation technique FNDAE n°25 - CEMAGREF

Doka, G., 2007 - Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services. Ecoinvent report No.13, Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Part IV, Wastewater Treatment – Final report of the project of a National Life Cycle Inventory Database "ecoinvent 2000"

Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J., van Zelm, R. Handbook ReCiPe 2008, 2009. 1st ed. Report I: Characterisation. Available at the following: http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/publications/recipe_characterisation.pdf (Accessed October, 2nd 2010)

HYDREA, 2009 – Dossier marché: Construction de la station de traitement des eaux usées, Commune de Peroy les Gombries, Département de l'Oise. Offre du 02/02/2009.

Maillard, P., Peu, P., Tallec, G., 2007 – Mesure sur site d'émissions de gaz à effet de serre issus de bioprocédés : Mise au point de méthodes et détermination de facteur d'émissions – Programme interne MAITRISES – Département milieux aquatiques, qualité, rejets.

Nemecek, T., Kägi T., Blaser S., 2007 – Life Cycle Inventories od Agricultural Production Systems. Final report ecoinvent v2.0 No.15. Agroscope FAL Reckenholz and FAT Taenikon, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH. Accessed online on: www.ecoinvent.ch

OTV, 1997 – Traiter et Valoriser les boues. Ouvrage Collectif, 457p.

Pradel, M., 2010 – Analyse du Cycle de Vie des chantiers d'épandage de boues de station d'épuration, p.35. Livrable Projet EcoDefi T3d, Programme ANR Ecotechnologies et Développement Durable (PRECODD)

Renou, S., 2006 – Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées – Thèse – Institut National Polytechnique de Lorraine.

Troesch, S., 2009 – Traitement et valorisation des boues et des matières de vidange par lits de séchage plantés de roseaux – thèse Doctorat, spécialité Génie des Procédés, Savoie, 306p.

Directive Eaux résiduaires urbaines 91/271/CEE (JOCE OCE n°L. 135/40 du 30 mai 1991):
http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.4451

11.2. Annexes Techniques

SYNTHESE ACV DISPONIBLES : *TABLEAU 25*

Tableau **25**. Synthèse des ACV disponibles

Source		Système (Type de STEP) modélisé	UF	Périmètre du système étudié	Résultats disponibles (LCI, LCIA, accès aux sous modules …)	Commentaires (allocations, coûts évités…)
Ecoinvent	**Base de données d'ACV (format EcoSpold ISO/TS 14048)**	Dans Ecoinvent, les stations d'épuration sont réparties en 5 classes, toutes distinguées de par leur capacité entre autre, illustrée en équivalent-habitant suisse : Classe 1 : traite la pollution de 233 225 E.H. Classe 2 : traite la pollution de 71 133 E.H. Classe 3 : traite la pollution de 24 865 E.H. Classe 4 : traite la pollution de 5 321 E.H. Classe 5 : traite la pollution de 806 E.H. Ce sont des stations à 3 étapes de traitement de l'eau (physique, biologique et chimique), avec une digestion des boues, selon la technologie de la Suisse.	**m^3 d'eau usée**	Les matières premières, le réseau, les transports, le traitement en station d'épuration, la digestion des boues, et l'élimination des boues, qui comprend l'épandage et l'incinération.	Il y a l'inventaire comprenant le matériel, l'énergie et les émissions, les résultats de l'inventaire attribué à la catégorie d'impacts. Process type : Unit* et system*	Pour toutes les STEP disponibles, les boues résiduaires sont soit incinérées, soit épandues. Pour les classes 1 et 2, l'incinération est majoritaire. Pour la classe 3, les 2 devenirs des boues sont équivalents, et pour les classes 4 et 5, l'épandage y est majoritaire.

Travaux S. Renou	Thèse + publication scientifique (2006,2008)	**Thèse de Renou+ publication scientifique :** Station classique de boues activées, avec traitement des matières carbonées, traitement des boues avec chaulage et épandage. Elle traite la pollution de 140 000 EH français. L'eau usée est un mélange d'eau domestique et industrielle.	Volume d'eau à traiter durant une année	La fabrication des matières premières, production d'électricité, les transports, le traitement des eaux usées en station d'épuration, la mise en décharge des déchets et l'épandage des boues.	Il y a un inventaire partiel des consommations et émissions de la station d'épuration, ainsi que l'évaluation des impacts et les résultats. Il y a une analyse de sensibilité qui suit certains résultats. Process type : Unit*	Utilisation de la base de données de Ecoinvent et du logiciel Simapro 5, et contact avec les constructeurs pour les données présentées. Dans la STEP prise en compte, on considère le traitement des boues et leur valorisation. La construction et le démantèlement ne sont pas pris en compte dans le cycle de vie.
Travaux atelier Reeb	Publication à congrès	Stations d'épuration à filtres plantés de macrophytes.	1 Equivalent Habitant	L'analyse s'est fait uniquement sur la construction et le fonctionnement des filières d'épuration considérées.	Il n'y a pas d'inventaire, seulement la source des données pour chaque processus. L'évaluation des impacts est donnée. Méthode utilisée : CML dans Simapro. Process type : system*	L'étape de fonctionnement de la filière d'épuration n'a pas été prise en compte que par rapport à la consommation électrique de la station.

INVENTAIRE DETAILLE INFRASTRUCTURE STEU BA 1500 EH

MATERIAUX

Le Tableau 26 présente les correspondances entre les matériaux de construction[18] définis dans le cadre du projet ONEMA et les matériaux disponibles dans la base de données ecoinvent :

Tableau 26. Correspondances matériaux de construction définis et matériaux de ecoinvent

Nom Index	matériaux de construction	matériaux disponibles dans SimaPro
MX000	**Béton maigre**	**Poor concrete, at plant**
MX001	**Béton armé**	**Concrete, sole plate and foundation, at plant**
MX002	**Fonte**	**Cast iron, at plant**
MX003	**PVC**	**PVC, at regional storage**
MX004	**Grès**	**Sanitary ceramics, at plant**
MX005	**PEHD**	**Polyethylene, HDPE, granulate, at plant**
MX006	**PP**	**Polypropylene, granulate, at plant**
MX007	**Grave**	**Gravel, round, at mine**
MX008	**Sable**	**Sand, at mine**
MX009	**Enrobé**	**Bitumen, at refinery**
MX010	**Amiante ciment**	**Asbestos, crysotile type, at plant**
MX011	**Caoutchouc**	**Synthetic rubber, at plant**
MX012	**Aluminium**	**Aluminium, production mix**
MX013	**Acier**	**Steel, converter, unalloyed, at plant**
MX014	**Acier inox**	**Chromium steel 18/8, at plant**
MX015	**Acier galvanisé**	**Steel, converter, unalloyed, at plant** **Zinc, primary, at regional storage**
MX016	**Résine de polyester armé**	**Polyester resin, unsatured, at plant**
MX017	**Cuivre**	**Copper, at regional storage**
MX018	**Polyurethane**	**Polyurethane, rigid foam, at plant**
MX020	**Géomembrane**	**non défini**

TRAVAUX

Les données sur les travaux ont été récupérées via l'entreprise **ZUB** en charge des travaux de la STEU de Peroy les Gombries (60), dont l'infrastructure est détaillée dans un dossier marché daté du 02/02/2009 fourni par HYDREA pour le Département de l'Oise. La durée des travaux (hors période de préparation) est estimée à environ 4 mois.

Concernant les engins de chantier nous réutiliserons ceux « construits » dans le cadre de la constitution de la base de données **réseaux**. Idem pour les équipes

Les engins de chantier utilisés à cette fin sont issus de la base de données réseaux (cema_onema_RTI05). Idem pour les équipes intervenant sur ce chantier :

GC111 : Equipe terrassement STEU	3 semaines
GC121 : Equipe génie civil STEU	12 semaines
GC110 : Equipe pose canalisation STEU	5 semaines

LAND USE

La STEU 1 500 EH avec conditionnement des boues par lits de séchage nécessite l'occupation d'une surface d'environ 3 000 m² de terrain, dont 1 262 m² sont végétalisés (660 m² d'engazonnement et 150.5*4= 602 m² de filtres plantés de roseaux).

[18] Les matériaux de construction sont définis dans le rapport sur les réseaux, cema_onema_RTI-05

INFRASTRUCTURES

POSTE DE RELEVAGE ENTREE

- **Génie civil**

- **Béton de propreté : 1900 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- **Béton forme de pentes : 850 kg de** béton 250 kg ciment / m3
- Béton préfabriqué armé **: 16600 kg**

- **Equipements**

- **Pompes (x2) : 30 kg de** fonte**, 10kg** d'acier**, 15 kg de** cuivre **par pompe**
- **Potence de manutention + fourreau et palan à chaines 500 kg (commun à plusieurs postes : 150 kg d'**aluminium**, 75 kg** d'acier inox
- **Equipements divers (panier de dégrillage, support pour poires de niveau, barres de guidage…) : 200 kg** d'acier inox

- **Regard à vannes**

- **Béton de propreté : 1200 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- Béton préfabriqué armé **: 2450 kg**
- **Caillebotis de sécurité : 75 kg de** résine de polyester armé
- **Tampon de fermeture : 100 kg de** fonte
- **Clapet à boule + vanne opercule Ø 80 : 50 kg de** fonte

PRETRAITEMENT

- **Génie civil**

- **Béton de propreté : 2800 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- **Escalier béton : 12600 kg de** béton 350 kg ciment / m3

- **Equipements**

- **Tamis rotatif : 200 kg d'**acier**, 350 kg d'**acier inox**, 85 kg de** fonte
- **Moteurs électriques (x3) : 10 kg** d'acier**, 5 kg de** cuivre **par moteur**
- **Goulotte d'évacuation Ø 400 : 10 kg de** PVC
- **Garde corps : 250 kg d'**aluminium
- **Poubelles 120L (x2) : 30 kg de** PVC **par poubelle**

- **Regard de répartition**

- **Béton de propreté : 700 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- Béton armé 350 kg ciment / m3 **: 1200 kg**
- **Caillebotis de couverture : 25 kg d'**aluminium
- **Grille droite 15mm : 5 kg d'**acier inox
- **Raclette de nettoyage + panier : 5 kg d'**acier inox

BASSIN D'AERATION

- **Génie civil**

- **Béton de propreté : 71000 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- **Escalier béton : 6000 kg de** béton 350 kg ciment / m3
- Béton armé 350 kg ciment / m3 **: 91000 kg**

- **Equipements**

- **Système d'aération : 400 kg d'**acier**, 350 kg d'**acier inox**, 70 kg de** fonte
- **Moteur électrique : 50 kg** d'acier**, 25 kg de** cuivre
- **Système de brassage : 100 kg d'**acier**, 150 kg d'**acier inox**, 70 kg de** fonte
- **Moteur électrique : 30 kg** d'acier**, 15 kg de** cuivre
- **Garde corps : 300 kg d'**aluminium
- **Echelle : 10 kg d'**aluminium
- **Pompe (extraction des boues) : 30 kg de** fonte**, 10kg** d'acier**, 15 kg de** cuivre **par pompe**

- **Dégazage**

- **Béton de propreté : 1550 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- **Béton forme de pentes : 600 kg de** béton 250 kg ciment / m3
- Béton armé 350 kg ciment / m3 **: 7200 kg**
- **Garde corps : 100 kg d'**aluminium
- **Echelle : 10 kg d'**aluminium

CLARIFICATEUR

- **Génie civil**

- **Béton de propreté : 36000 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- **Béton forme de pentes : 28000 kg de** béton 250 kg ciment / m3
- Béton armé 350 kg ciment / m3 **: 48000 kg**

- **Equipements**

- **Pont racleur : 350 kg d'**aluminium, **250 kg d'**acier inox**, 100 kg d'**acier
- **Moteur électrique : 10 kg** d'acier**, 5 kg de** cuivre

- **Puits à boues**

- **Béton de propreté : 2000 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- **Béton forme de pentes : 800 kg de** béton 250 kg ciment / m3
- Béton armé 350 kg ciment / m3 **: 8400 kg**
- **Pompes (x2) : 30 kg de** fonte**, 10kg** d'acier**, 15 kg de** cuivre **par pompe**
- **Vanne murale Ø 150 : 50 kg de** fonte

POSTE TOUTES EAUX

- **Génie civil**
- **Béton de propreté : 1900 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- **Béton forme de pentes : 850 kg de** béton 250 kg ciment / m3
- Béton armé 350 kg ciment / m3 **: 12800 kg**

- **Equipements**
- **Pompes (x2) : 30 kg de** fonte**, 10kg** d'acier**, 15 kg de** cuivre **par pompe**

CANAL DE COMPTAGE

- **Génie civil**
- **Béton de propreté : 2200 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- Béton armé 350 kg ciment / m3 **: 4300 kg**

- **Equipements**
- **Caillebotis de sécurité : 50 kg de** résine de polyester armé
- **Venturi : 40 kg d'**aluminium**, 10kg** d'acier inox

SKID EAU INDUSTRIELLE

- **Skid : 20 kg de** PVC
- **Socle béton : 90 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- **Pompe : 20 kg de** fonte**, 5kg** d'acier**, 10 kg de** cuivre **par pompe**

CIRCUITS HYDRAULIQUES

- **Canalisation** PVC **Ø 200 : 210 m soit 1260 kg**
- **Canalisation** PVC **Ø 90 : 250 m soit 625 kg**
- **Canalisation** Acier Inox **Ø 200 : 10 m soit 250 kg**
- **Canalisation** fonte **Ø 200 mm : 15 m soit 480 kg**
- **Canalisation** béton **Ø 400 mm : 20 m soit 4100 kg**

RESEAUX DIVERS

- **Eau potable**
- **Canalisation** PEHD **Ø 32 mm : 180 m soit 30 kg**
- Sable **pour remblai : 33000 kg**
- Grave **pour remblai : 155000 kg**

- **Telecom**
- **Fourreau Telecom** PEHD **: 140 m soit 150 kg**
- **Câble telecom** cuivre **: 140 m soit 15 kg**
- Sable **pour remblai : 27000 kg**

- Grave **pour remblai : 130000 kg**

- **Electricité / éclairage**
- **Fourreau Telecom** PEHD **: 260 m soit 350 kg**
- **Câble élec** cuivre **: 260 m soit 35 kg**
- Sable **pour remblai : 47000 kg**
- Grave **pour remblai : 225000 kg**
- **Mat d'éclairage** aluminium **(x2) : 100 kg par mat**
- **Armoire de commande : 25 kg** d'acier inox **et 25 kg de** cuivre

LITS DE SECHAGE

- **Massif drainant**
- Sable **pour remblai : 90000 kg**
- Grave **(cailloux/gravier roulés) : 450000 kg**

- **Prestations particluières**
- **Mur** béton 350 kg ciment / m3 **: 14000 kg**
- Géomembrane **: 1300 m² soit 1300 kg**
- Géotextile **: 1300 m² soit 390 kg**
- **Divers (échelles, passerelles) : 200 kg d'**Aluminium

- **Drains**
- **Drains** PVC **: 370 m soit 1480 kg**
- **Regards collecteurs 600x600** béton préfabriqué **(x16) : 400 kg par regard**

- **Retour percolats**
- **Canalisation** PVC Ø 200 **: 60 m soit 360 kg**
- **Regard Ø 1000** béton préfabriqué **: 1000 kg**
- **Tampon de fermeture : 100 kg de** fonte

- **Roseaux**
- Roseaux **: 2400 unités**

AMENAGEMENTS GENERAUX

- **Voirie lourde**
- Géotextile **: 460 m² soit 140 kg**
- Béton bitumineux **: 100000 kg**
- Grave **: 380000 kg**
- **Bordures** béton **: 6400 kg**

- **Voirie intérieure**

- Géotextile **: 969 m² soit 290 kg**
- Grave **: 610000 kg**

- **Allées piétonnes**

- Géotextile **: 120 m² soit 36 kg**
- Grave **: 110000 kg**
- **Bordures** béton **: 400 kg**

- **Clôtures**

- **Grillage** PVC **: 20 kg**
- **Poteaux** acier galvanisé **: 40 kg**
- **Portail** acier inox **: 200 kg**

- **Aménagements paysagers**

- Engazonnement **: 660 m²**
- **25** arbustes
- **5** arbres

- **Infrastructures métalliques diverses de la STEU**

- Acier : 1.5 t
- Acier inox : 300 kg

- **Alimentation électrique des différents postes: (Electricité, basse tension)**

- Cuivre **: 4 fils de 4mm de diamètre, P = 5000W sur 100m : 4*33.9 = 135.6 kg :** Copper, at regional storage, RER S**.**
- Câble puissance 1kW **: 400m de câbles à P = 1000W :** Cable, three-conductor cable, at plant/GLO S

TRAVAUX

Peu de données concernant la STEU de 5 200 EH. En revanche nous connaissons le délai d'exécution d'une STEU boues activées de 28 000 EH : 13,5 mois de travaux. L'hypothèse « 7 mois de travaux » (environ 35 semaines) pour la STEU de 5 200 EH nous semble alors satisfaisante.

Les engins de chantier utilisés à cette fin sont issus de la base de données réseaux (cema_onema_RTI05). Idem pour les équipes intervenant sur ce chantier :

GC111 : Equipe terrassement STEU	5 semaines
GC121 : Equipe génie civil STEU	22 semaines
GC110 : Equipe pose canalisation STEU	8 semaines

LAND USE

La STEU 5 200 EH avec conditionnement des boues par lits de séchage nécessite l'occupation d'une surface végétalisée d'environ 4 320 m² de terrain, dont 1 320 m² sont occupés par de l'engazonnement (660*2 m²) et 3 000 m² de filtres plantés de roseaux (8*247.5 m²).

INFRASTRUCTURES

POSTE DE RELEVAGE ENTREE

En l'absence de données précises, nous prendrons dans tout le paragraphe un facteur d'échelle par rapport à la STEU de 1 500 EH : facteur 2 si la STEU de 5 200 est en séparatif, 2,5 si elle est en unitaire.

PRETRAITEMENT

- **Génie civil**

- **Béton de propreté : 15000 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- **Escalier béton : 12600 kg de** béton 350 kg ciment / m3
- **Béton armé : 12000 kg de** béton 350 kg ciment / m3

- **Equipements**

- **Degrilleur : 30 kg de** PVC**, 500 kg d'**acier inox
- **Moteur électrique : 20 kg d'**acier **et 10 kg de** cuivre
- **Vis compacteuse : 100 kg** d'acier inox**, 100 kg** d'acier**, 10 kg de** PEHD
- **Moteur électrique : 10 kg** acier **et 5 kg** cuivre
- **Garde corps : 350 kg d'**aluminium
- **Dessablage dégraissage : 300 kg** d'aluminium**, 300kg de** fonte**, 100kg** d'acier inox**, 50 kg de** PVC
- **Moteur électrique : 10 kg** acier **et 5 kg** cuivre
- **Pompes (x2) : 20 kg de** fonte **5kg** d'acier **et 10 kg de** cuivre **chacune**
- **Fosse de stockage : 2000 kg de** béton 350 kg ciment / m3 **et 100 kg de** fonte
- **Classificateur à sables : 100 kg** d'acier inox **et 20 kg de** PVC

- **Moteur électrique : 10 kg** acier **et 5 kg** cuivre

- **Regard de répartition**

En l'absence de données, nous considèrerons un facteur d'échelle de 2 par rapport à la STEU de 1 500 EH (que l'on soit en séparatif ou en unitaire).

BASSIN D'AERATION

- **Génie civil**

- **Béton de propreté : 162000 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- **Escalier béton : 6000 kg de** béton 350 kg ciment / m3
- Béton armé 350 kg ciment / m3 **: 190000 kg**

- **Equipements**

- **Agitateur zone de contact : 200kg d'**acier inox**, 100 kg de** fonte**, 100 kg d'**acier **par agitateur**
- **Moteur électrique : 30 kg** d'acier**, 15 kg de** cuivre
- **Agitateur zone aérée : 250kg de** fonte**, 100 kg de** polyuréthane**, 100 kg d'**acier **par agitateur**
- **Moteur électrique : 30 kg** d'acier**, 15 kg de** cuivre
- **Garde corps : 600 kg d'**aluminium **(approximation : 1500 EH x 2)**
- **Echelle : 10 kg d'**aluminium
- **Aération fines bulles : 100 kg d'**acier inox**, 200 kg de** fonte**, 20 kg de** caoutchouc
- **Moteurs (x2) : 30 kg d'**acier **et 15 kg de** cuivre **par moteur**
- **Traitement du phosphore : 200 kg de** PEHD
- **Pompes phosphore (x2) : 30 kg de** fonte**, 10kg** d'acier**, 15 kg de** cuivre **par pompe**
- **Pompe (extraction des boues) : 20 kg de** fonte**, 5kg** d'acier**, 10 kg de** cuivre **par pompe (absence de données, on prendra la même que pour 1500 Eh)**

- **Dégazage**

- **Béton de propreté : 3000 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- **Béton forme de pentes : 2400 kg de** béton 250 kg ciment / m3
- Béton armé 350 kg ciment / m3 **: 23000 kg**
- **Garde corps : 200 kg d'**aluminium
- **Echelle : 10 kg d'**aluminium

CLARIFICATEUR

- **Génie civil**

- **Béton de propreté : 136000 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- **Béton forme de pentes : 110000 kg de** béton 250 kg ciment / m3
- Béton armé 350 kg ciment / m3 **: 106000 kg**

- **Equipements**

Hypothèse : 1500 EH x2 car diamètre x2

- **Pont racleur : 700 kg d'**aluminium, **500 kg d'**acier inox**, 200 kg d'**acier
- **Moteur électrique : 20 kg** d'acier**, 10 kg de** cuivre

- **Puits à boues**

Hypothèse : 1500 Eh x2 en l'absence de données précises

- **Béton de propreté : 4000 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- **Béton forme de pentes : 1600 kg de** béton 250 kg ciment / m3
- Béton armé 350 kg ciment / m3 **: 17000 kg**
- **Pompes (x2) : 60 kg de** fonte**, 20kg** d'acier**, 30 kg de** cuivre **par pompe**
- **Vanne murale Ø 200 : 100 kg de** fonte

POSTE TOUTES EAUX

- **Génie civil**

En l'absence de données on considère un facteur 2 entre 1500 et 5200 EH

- **Béton de propreté : 4000 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- **Béton forme de pentes : 1700 kg de** béton 250 kg ciment / m3
- Béton armé 350 kg ciment / m3 **: 26000 kg**

- **Equipements**
- **Pompes (x2) : 60 kg de** fonte**, 20kg** d'acier**, 30kg de** cuivre **par pompe**

CANAL DE COMPTAGE

- **Génie civil**
- **Béton de propreté : 8000 kg de** béton 150 kg ciment / m3
- Béton armé 350 kg ciment / m3 **: 7500 kg**

- **Equipements**
- **Caillebotis de sécurité : 250 kg de** résine de polyester armé
- **Venturi : 120 kg d'**aluminium**, 30kg** d'acier inox

SKID EAU INDUSTRIELLE

A peu de choses près le même qu'en 1500 EH.

CIRCUITS HYDRAULIQUES

En l'absence de données précises concernant les circuits hydrauliques, nous prendrons un facteur d'échelle par rapport à la STEU de 1 500 EH : facteur 2 si la STEU de 5 200 est en séparatif, 2,5 si elle est en unitaire.

RESEAUX DIVERS

De même que pour les canalisations nous considèrerons un facteur d'échelle de 2 par rapport à la STEU de 1 500 EH (que l'on soit en séparatif ou en unitaire).

TRAITEMENT DES BOUES - LITS DE SECHAGE

Un facteur d'échelle de 5 a été pris pour les quantités de matériaux nécessaires à la construction des lits de séchage, par rapport à la STEU de 1 500 EH. Dans cette filière de traitement des boues, l'épaississement, le conditionnement et la déshydratation des boues sont réalisés sur les lits de séchage, ce qui allège l'infrastructure.

AMENAGEMENTS GENERAUX

De même que pour les canalisations nous considèrerons un facteur d'échelle de 2 par rapport à la STEU de 1 500 EH (que l'on soit en séparatif ou en unitaire).

NB. On considère que la STEU 5 200 EH est raccordée au réseau électrique haute tension, et nécessite l'installation d'un transformateur.

INVENTAIRE DETAILLE INFRASTRUCTURE STEU BA 5200 EH, *VERSION CO-FLO (CONDITIONNEMENT PHYSICO-CHIMIQUE)*

TRAVAUX

Peu de données concernant la STEU de 5 200 EH. En revanche nous connaissons le délai d'exécution d'une STEU boues activées de 28 000 EH : 13,5 mois de travaux. L'hypothèse « 7 mois de travaux » (environ 35 semaines) pour la STEU de 5 200 EH nous semble alors satisfaisante.

Les engins de chantier utilisés à cette fin sont issus de la base de données réseaux (cema_onema_RTI05). Idem pour les équipes intervenant sur ce chantier :

GC111 : Equipe terrassement STEU	5 semaines
GC121 : Equipe génie civil STEU	22 semaines
GC110 : Equipe pose canalisation STEU	8 semaines

LAND USE

La STEU 5 200 EH avec conditionnement physico-chimique des boues représente une occupation de terrain industriel de 3 000 m² environ, et une surface végétalisée de 1 320 m² (engazonnement, 660*2 m²).

INFRASTRUCTURES

Les données concernant l'infrastructure de la STEU 5 200 EH sont données dans un mémoire de dimensionnement préparé par France Assainissement, pour la station d'épuration d'Olwisheim (région de Brumath, Bas-Rhin) daté du 24/07/2009.

POSTE DE RELEVAGE ENTREE

En l'absence de données précises, nous prendrons dans tout le paragraphe un facteur d'échelle par rapport à la STEU de 1 500 EH : facteur 2 si la STEU de 5 200 est en séparatif, 2,5 si elle est en unitaire.

PRETRAITEMENT

Génie civil

Béton de propreté : 15000 kg de **béton 150 kg ciment / m3**

Escalier béton : 12600 kg de **béton 350 kg ciment / m3**

Béton armé : 12000 kg de **béton 350 kg ciment / m3**

Equipements

Dégrilleur : 30 kg de **PVC**, 500 kg d'**acier inox**

Moteur électrique : 20 kg d'**acier** et 10 kg de **cuivre**

Vis compacteuse : 100 kg **d'acier inox**, 100 kg **d'acier**, 10 kg de **PEHD**

Moteur électrique : 10 kg **acier** et 5 kg **cuivre**

Garde corps : 350 kg d'**aluminium**

Dessablage dégraissage : 300 kg **d'aluminium**, 300kg de **fonte**, 100kg **d'acier inox**, 50 kg de **PVC**

Moteur électrique : 10 kg **acier** et 5 kg **cuivre**

Pompes (x2) : 20 kg de **fonte** 5kg **d'acier** et 10 kg de **cuivre** chacune

Fosse de stockage : 2000 kg de **béton 350 kg ciment / m3** et 100 kg de **fonte**

Classificateur à sables : 100 kg **d'acier inox** et 20 kg de **PVC**

Moteur électrique : 10 kg **acier** et 5 kg **cuivre**

Regard de répartition

En l'absence de données, nous considèrerons un facteur d'échelle de 2 par rapport à la STEU de 1 500 EH (que l'on soit en séparatif ou en unitaire).

BASSIN D'AERATION

Génie civil

Béton de propreté : 162000 kg de **béton 150 kg ciment / m3**

Escalier béton : 6000 kg de **béton 350 kg ciment / m3**

Béton armé 350 kg ciment / m3 : 190000 kg

Equipements

Agitateur zone de contact : 200kg d'**acier inox**, 100 kg de **fonte**, 100 kg d'**acier** par agitateur

Moteur électrique : 30 kg **d'acier**, 15 kg de **cuivre**

Agitateur zone aérée : 250kg de **fonte**, 100 kg de **polyuréthane**, 100 kg d'**acier** par agitateur

Moteur électrique : 30 kg **d'acier**, 15 kg de **cuivre**

Garde corps : 600 kg d'**aluminium** (approximation : 1500 EH x 2)

Echelle : 10 kg d'**aluminium**

Aération fines bulles : 100 kg d'**acier inox**, 200 kg de **fonte**, 20 kg de **caoutchouc**

Moteurs (x2) : 30 kg d'**acier** et 15 kg de **cuivre** par moteur

Traitement du phosphore : 200 kg de **PEHD**

Pompes phosphore (x2) : 30 kg de **fonte**, 10kg **d'acier**, 15 kg de **cuivre** par pompe

Pompe (extraction des boues) : 20 kg de **fonte**, 5kg **d'acier**, 10 kg de **cuivre** par pompe (absence de données, on prendra la même que pour 1500 Eh)

Dégazage

Béton de propreté : 3000 kg de **béton 150 kg ciment / m3**

Béton forme de pentes : 2400 kg de **béton 250 kg ciment / m3**

Béton armé 350 kg ciment / m3 : 23000 kg

Garde corps : 200 kg d'**aluminium**

Echelle : 10 kg d'**aluminium**

CLARIFICATEUR

Génie civil

Béton de propreté : 136000 kg de **béton 150 kg ciment / m3**

Béton forme de pentes : 110000 kg de **béton 250 kg ciment / m3**

Béton armé 350 kg ciment / m3 : 106000 kg

Equipements

Hypothèse : 1500 Eh x2 car diamètre x2

Pont racleur : 700 kg d'**aluminium,** 500 kg d'**acier inox**, 200 kg d'**acier**

Moteur électrique : 20 kg **d'acier**, 10 kg de **cuivre**

Puits à boues

Hypothèse : 1500 Eh x2 en l'absence de données précises

Béton de propreté : 4000 kg de **béton 150 kg ciment / m3**

Béton forme de pentes : 1600 kg de **béton 250 kg ciment / m3**

Béton armé 350 kg ciment / m3 : 17000 kg

Pompes (x2) : 60 kg de **fonte**, 20kg **d'acier**, 30 kg de **cuivre** par pompe

Vanne murale Ø 200 : 100 kg de **fonte**

POSTE TOUTES EAUX

Génie civil

En l'absence de données on considère un facteur 2 entre 1500 et 5200 EH

Béton de propreté : 4000 kg de **béton 150 kg ciment / m3**

Béton forme de pentes : 1700 kg de **béton 250 kg ciment / m3**

Béton armé 350 kg ciment / m3 : 26000 kg

Equipements

Pompes (x2) : 60 kg de **fonte**, 20kg **d'acier**, 30kg de **cuivre** par pompe

CANAL DE COMPTAGE

Génie civil

Béton de propreté : 8000 kg de **béton 150 kg ciment / m3**

Béton armé 350 kg ciment / m3 : 7500 kg

Equipements

Caillebotis de sécurité : 250 kg de **résine de polyester armé**

Venturi : 120 kg d'**aluminium**, 30kg **d'acier inox**

SKID EAU INDUSTRIELLE

A peu de choses près le même qu'en 1 500 EH.

CIRCUITS HYDRAULIQUES

En l'absence de données précises concernant les circuits hydrauliques, nous prendrons un facteur d'échelle par rapport à la STEU de 1 500 EH : facteur 2 si la STEU de 5 200 EH est en séparatif, 2,5 si elle est en unitaire.

RESEAUX DIVERS

De même que pour les canalisations nous considèrerons un facteur d'échelle de 2 par rapport à la STEU de 1 500 EH (que l'on soit en séparatif ou en unitaire).

TRAITEMENT DES BOUES

Epaississement

Préparation et injection de polymères **:** 100kg **d'acier inox**, 100 kg de **PEHD**, 50 kg **d'aluminium**

Moteur : 30 kg **acier** et 15 kg **cuivre**

Pompes (x2) : 20 kg de **fonte**, 5 kg **d'acier**, 10 kg de **cuivre** par pompe

Grille d'égouttage : 700kg d'**acier inox**, 20 kg de **PVC**, 20 kg de **Néoprène**, 50 kg de **polyester armé**, 50 kg **d'aluminium**

Conditionnement

Bâche de stockage des boues épaissies : 200kg **d'acier inox**, 100 kg **d'acier**, 100 kg **d'aluminium**, 100 kg de **fonte**

Moteur : 30 kg **acier** et 15 kg **cuivre**

Pompes (x2) pour soutirage : 30 kg de **fonte**, 10 kg **d'acier**, 15 kg de **cuivre** par pompe

Floculation : 250kg d'**acier inox**, 300 kg de **PEHD**, 50 kg de PVC**,** 50 kg **d'aluminium**

Moteur : 30 kg **acier** et 15 kg **cuivre**

Pompes (x4) pour dosage : 30 kg de **fonte**, 10 kg **d'acier**, 15 kg de **cuivre** par pompe

Moteur : 30 kg **acier** et 15 kg **cuivre**

Maturation : 100 kg **d'acier inox**, 50 kg de **fonte**, 50 kg **d'aluminium**

Moteur : 30 kg **acier** et 15 kg **cuivre**

Pompes (x2) pour transfert : 30 kg de **fonte**, 10 kg **d'acier**, 15 kg de **cuivre** par pompe

Déshydratation

Filtre presse : 1000kg **d'acier**, 200 kg **polypropylène**, 200 kg **d'aluminium**, 400 kg de **fonte**

Moteur (x2) : 50 kg **acier** et 25 kg **cuivre**

Pompes (x2) : 50 kg de **fonte**, 20 kg **d'acier**, 30 kg de **cuivre** par pompe

Convoyeur à boues : 50 kg d'**aluminium**, 300 kg **d'acier**

Moteur (x2) : 30 kg **acier** et 15 kg **cuivre**

Stockage final

Béton de propreté : 105000 kg de **béton 150 kg ciment / m3**

Béton armé 350 kg ciment / m3 : 110000 kg

AMENAGEMENTS GENERAUX

De même que pour les canalisations nous considèrerons un facteur d'échelle de 2 par rapport à la STEU de 1500 EH (que l'on soit en séparatif ou en unitaire).

NB. On considère que la STEU 5 200 EH est raccordée au réseau électrique haute tension, et nécessite l'installation d'un transformateur.

Onema
Hall C – Le Nadar
5 square Félix Nadar
94300 Vincennes
01 45 14 36 00
www.onema.fr

Cemagref
Parc de Tourvoie
BP 44,
92163 Antony cedex
01 40 96 61 21

www.cemagref.fr

Eva RISCH et Philippe ROUX sont membres du pôle ELSA (www.elsa-lca.org).

Ils remercient les autres membres du pôle pour leurs précieux conseils.