

Hypothèses pour la modélisation des filières extensives de traitement des eaux usées

Mise à jour : avril 2018

Table des matières

1. Introduction.....	3
2. Hypothèses communes à toutes les filières extensives	3
2.1. Construction.....	3
2.2. Equipements	5
2.3. Opérations d'entretien – exploitation.....	6
3. Hypothèses concernant les FPRv	7
3.1. Dimensionnement.....	7
3.2. Equipements	9
3.3. Tuyaux et drains.....	9
3.4. Opérations d'entretien – exploitation.....	10
4. Hypothèses concernant les FPRv+h	10
4.1. Dimensionnement.....	10
4.2. Equipements	11
4.3. Tuyaux et drains.....	11
4.4. Opérations d'entretien – exploitation.....	12
5. Hypothèses concernant le lagunage naturel.....	12
5.1. Dimensionnement.....	12
5.2. Equipements	12
5.3. Tuyaux.....	12
5.4. Opérations d'entretien – exploitation.....	13
6. Hypothèses concernant le lagunage aéré.....	13
6.1. Dimensionnement (Alexandre et al., 1998).....	13
6.2. Equipements	14
6.3. Tuyaux.....	14
6.4. Opérations d'entretien – exploitation.....	14
7. Hypothèses concernant le lagunage tertiaire.....	15
7.1. Dimensionnement.....	15
7.2. Equipements	16

7.3. Tuyaux.....	16
7.4. Opérations d'entretien – exploitation.....	16
8. Références.....	17
9. Annexes	18

1. Introduction

Une homogénéisation est nécessaire concernant les inventaires des opérations de construction et d'entretien des stations d'épuration extensives (FPR, lagunages) modélisées dans le logiciel ACV4E, afin que les modèles soient cohérents les uns par rapport aux autres. Ce rapport présente les hypothèses et les règles de calcul qui permettent de réaliser les inventaires des filières extensives théoriques présentes dans le logiciel ACV4E (en opposition aux filières modélisées sur la base de cas d'étude réels). L'objectif est double : d'une part d'assurer une cohérence entre les modèles présents dans le logiciel, et d'autre part de pouvoir générer de nouveaux inventaires rapidement à partir des règles fixées. Des fiches au format Excel ont été produites pour chaque type de traitement et permettent de générer un inventaire en renseignant simplement la capacité de la STEP (en nombre d'équivalent-habitants) et la présence de quelques ouvrages (poste de relevage, pompes, etc.).

La Figure 1 présente les domaines d'application privilégiés des différentes filières de traitement adaptées aux petites collectivités (Boutin 2003).

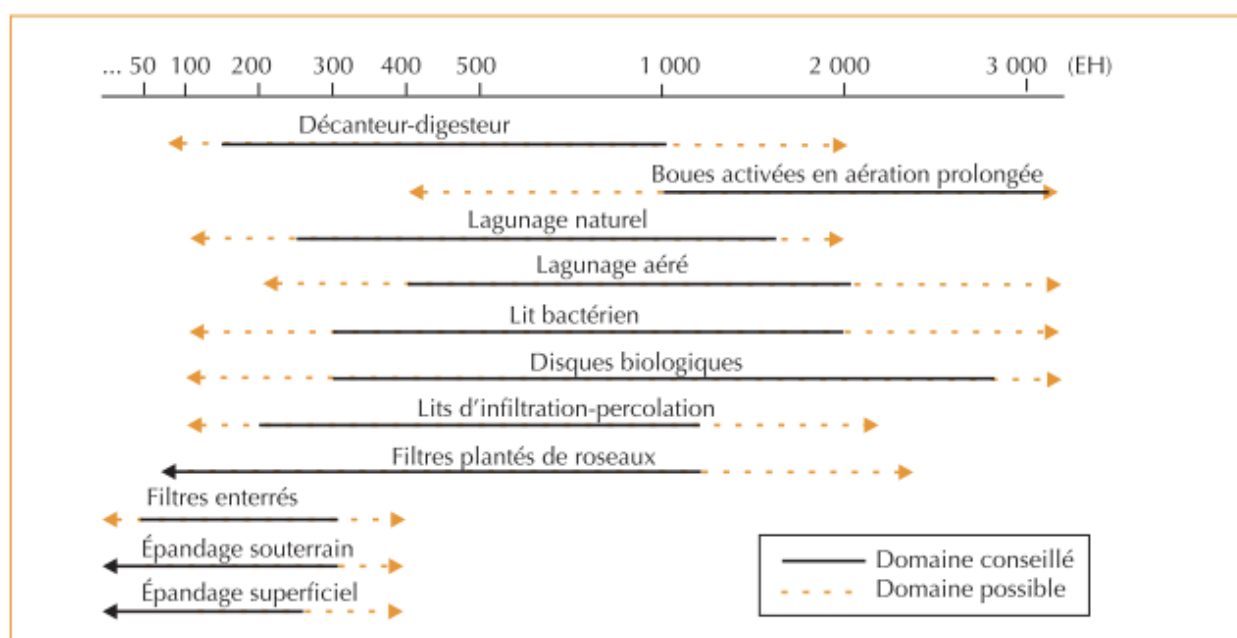


Figure 1. Domaines d'application privilégiés des filières de traitement adaptées aux petites collectivités

2. Hypothèses communes à toutes les filières extensives

2.1. Construction

2.1.1 Dimensionnement

Les dimensionnements préconisés pour les filières extensives sont généralement donnés pour des nombres « d'hab ». Sachant que 1 hab correspond à une charge polluante de 50 gDBO5/j contrairement à 1 EH qui correspond à 60 gDBO5/j, pour connaître la surface nécessaire pour une capacité donnée en EH, il faut convertir cette capacité en hab et ensuite appliquer les règles de dimensionnement propres à chaque filière.

Les filières extensives comportent les étapes suivantes : prétraitement, traitement secondaire (pas de filières eau/boues, tout est simultané), traitement tertiaire optionnel. L'étape de dessablage (prétraitement) étant optionnelle, elle ne sera pas modélisée.

1.1.1. Terrassement

On fait l'hypothèse que le volume excavé durant le terrassement est :

- **4 fois supérieur** au volume total des filtres pour un traitement par filtres plantés de roseaux (car nécessite un dénivelé de 4 m d'après Liénard et al. (2004)),
- **2 fois supérieur** au volume total des lagunes pour un traitement par lagunage (car nécessite un dénivelé de 1 m d'après Liénard et al. (2004)).

D'après Risch et al. (2011), il faut 140 h pour excaver 15400 m³ soit **110 m³/h**. On utilisera cette valeur pour estimer les temps de terrassement nécessaires, et on utilisera le processus « **Equipe terrassement STEP** » (référence fiche : GC111) dans SimaPro.

1.1.2. Démantèlement de la STEP

On fait l'hypothèse que le temps de travail nécessaire au démantèlement est identique à celui du terrassement, et on utilisera également le processus « Equipe terrassement STEP » dans SimaPro.

1.1.3. Changement d'usage du sol et occupation du sol

Les STEP extensives sont généralement construites sur des terres arables non utilisées ou en pâture, des prairies, des friches, etc. Ces espaces sont transformés pour y accueillir une STEP, puis en fin de vie la STEP est démantelée et on fait l'hypothèse que le sol retrouve un état de prairie/friche. Pour modéliser ceci, les éléments les plus adaptés disponibles dans la méthode ReCiPe sont les suivants :

- Transformation d'une prairie/friche pour en faire une STEP : « Transformation, from grassland/pasture/meadow » et « Transformation, to industrial area, vegetation »
- Transformation d'une zone occupée par une STEP en une prairie/friche : « Transformation, from industrial area, vegetation » et « Transformation, to pasture and meadow »

Cependant, ces flux ne disposent pour l'instant pas de facteurs de caractérisation, donc n'engendreront aucun impact.

Concernant l'occupation du sol, nous considérons une durée de vie des STEP de **30 ans** et donc une même durée d'occupation. Nous choisissons le flux suivant dans la méthode ReCiPe : « **Occupation, industrial area, vegetation** ».

1.1.4. Poste de relevage

Pour des raisons topographiques, l'ensemble des eaux usées brutes collectées peut faire l'objet d'un relevage par pompage (EPNAC, 2015). Ce choix sera à faire au cas par cas. Pour simplifier, 3 types de postes de relevage ont été définis :

- **Poste de relevage < 1000 EH**
- **Poste de relevage < 2000 EH**
- **Poste de relevage >= 2000 EH**

Leur modélisation est basée sur un inventaire déjà disponible d'un poste de relevage pour 1500 EH (Boutin et al., 2011) :

- Poste de relevage < 1000 EH : facteur d'échelle 2 par rapport au poste de relevage existant pour 1500 EH
- Poste de relevage < 2000 EH : identique au poste de relevage existant pour 1500 EH
- Poste de relevage \geq 2000 EH : facteur d'échelle 2 par rapport au poste de relevage existant pour 1500 EH

Lorsqu'un poste de relevage est présent, on choisira le processus « **Equipe poste de relevage** » (référence fiche : GC131) dans SimaPro pour modéliser sa construction. On fait l'hypothèse qu'il faut 2 jours soit **16 h** de travail pour construire un poste de relevage.

1.1.5. Voiries intérieures

On fait l'hypothèse que la longueur totale des voiries intérieures est égale à la somme des périmètres des bassins (filtres ou lagunes), et que la largeur moyenne est de 3 m. D'après les inventaires des STEP à boues activées 1500 EH et 5200 EH, les voiries intérieures sont constituées d'un géotextile (masse : 300 g/m²) recouvert d'une couche de 35 cm de graviers.

1.1.6. Béton

Les principaux ouvrages en béton sont le local d'exploitation (béton armé), le déversoir d'orage et les canaux d'arrivée et de sortie de l'eau (béton maigre). Pour simplifier, on considère que le déversoir et les canaux comportent 2 m³ de béton chacun, et que le local en comporte 10 m³. Les autres petits ouvrages en béton (regards, plaques anti-affouillement) ne sont pas modélisés.

Les travaux de construction de ces ouvrages ne sont pas modélisés (mais paraissent négligeables par rapport au terrassement et au démantèlement).

1.1.7. Géomembrane / géotextile

Les filtres et les bassins peuvent être étanchéifiés à l'aide d'une géomembrane (en polyéthylène) protégée par un géotextile (en polypropylène). Lorsque c'est le cas, on considère une **zone d'ancrage de 50 cm** en bordure des filtres/bassins. Un outil de calcul a été mis en place sur Excel pour calculer la surface recouverte en fonction des dimensions des filtres/bassins (voir annexe).

2.2. Equipements

1.1.8. Dégrilleur

Toutes les STEP comportent un dégrilleur en entrée de filière afin d'évacuer les déchets grossiers. On considère que tous les dégrilleurs sont automatiques, et pour simplifier 3 types de dégrilleurs ont été définis :

- **Dégrilleur automatique 300 kg (< 1000 EH)**
- **Dégrilleur automatique 500 kg (< 2000 EH)**
- **Dégrilleur automatique 1000 kg (\geq 2000 EH)**

Cependant il est possible de choisir un **dégrilleur manuel** (en polyester renforcé, 40 kg) pour un cas spécifique. La description du modèle pour les dégrilleurs est dans le fichier Excel dédié aux équipements.

1.1.9. Autres

Les éléments suivants ne sont pas modélisés par simplification :

- Petit matériel (débitmètres, boîtiers électriques, matériel d'entretien, etc.)
- Clôture délimitant la STEP
- Main d'œuvre et machines pour l'installation des équipements (tuyaux, drains, débitmètres, clôture, etc.)

2.3. Opérations d'entretien – exploitation

1.1.10. Temps de travail quotidien

De façon générale on considère qu'une personne travaille **8 heures** par jour.

1.1.11. Déplacements

On considère que le déplacement d'une personne sur le site de la STEP correspond à un trajet de **20 km aller-retour**.

Dans les différentes descriptions des tâches à effectuer pour l'entretien des ouvrages, le nombre de personnes mobilisées n'est jamais précisé, or cette information est utile pour calculer le nombre de déplacements. On estimera le nombre de personnes mobilisées au cas par cas.

1.1.12. Désherbage mécanique des abords des bassins (FPR ou lagunes)

D'après Risch et al. (2011) la surface désherbée pour environ 1 000 hab est de 3 500 m², et est donc 1,8 fois plus importante que la surface des filtres (2 m²/hab x 1 000 hab = 2 000 m²). Ainsi lorsque la surface désherbée ne sera pas disponible, nous ferons l'hypothèse qu'elle représente **1,5 fois** la surface de filtres ou de lagunes.

De plus afin d'estimer le temps de travail nécessaire au désherbage nous nous baserons sur 8 h de travail pour une surface de 3500 m² (Liénard et al., 2004) soit 438 m²/h, que l'on arrondit à **450 m²** (faisable par une personne). Les heures seront converties en jours et permettront de calculer le nombre de trajets aller-retour à effectuer sur un an.

1.1.13. Consommation électrique

Pour les filières extensives, les postes consommant de l'énergie se résument au **dégrillage** et aux éventuels **pompages** (on néglige le fonctionnement des appareils électroniques). Les consommations liées au pompage sont très variables selon la topographie du site. Afin de calculer ces consommations, nous nous basons sur les données existantes pour deux STEP à boues activées (voir Tableau 1).

Tableau 1. Détermination des consommations électriques des filières extensives

Consommation électrique (kJ/(EH*j))	BA 1500 EH ⁽¹⁾	BA 5200 EH ⁽¹⁾	Moyenne	Valeur retenue
Poste de relevage	276,5	37,7	157,1	160
Dégrillage	5,8	5,5	5,6	6
Vis compacteuse	3,2	5,5	4,4	4

(1) Boutin et al., 2011

La consommation électrique du poste de relevage varie d'un facteur 7 d'un cas à l'autre, ce qui reflète peut-être une topographie très différente. En revanche la consommation électrique du dégrillage est très stable. Dans les deux cas, en l'absence d'autres données disponibles, nous prendrons les moyennes arrondies de ces valeurs pour estimer les consommations électriques de ces postes pour des filières extensives.

Dans le cas où des **pompes** sont utilisées pour alimenter des filtres/bassins, on fait l'hypothèse simplificatrice que leur **consommation électrique est égale à la moitié de celle d'un poste de relevage** .

3. Hypothèses concernant les FPRv

3.1. Dimensionnement

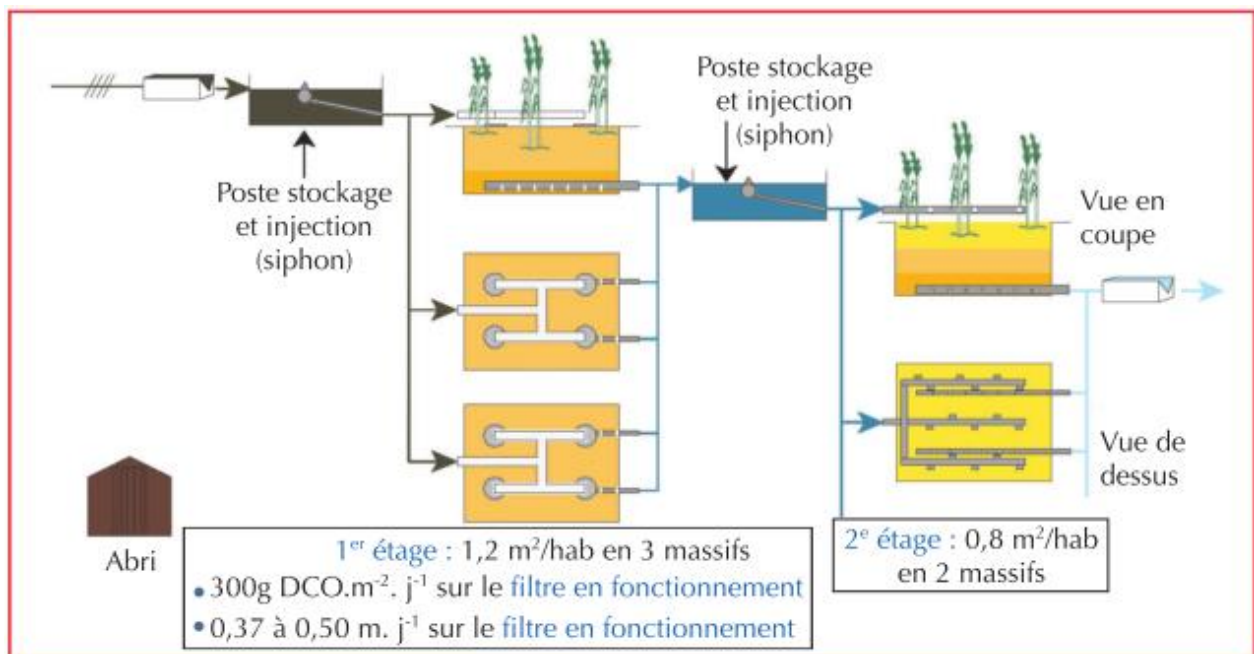


Figure 2. Filière type de filtres plantés de roseaux à écoulement vertical (Boutin et al., 2007)

Le ratio entre la longueur et la largeur du filtre est de **3 pour le 1^{er} étage et de 4 pour le 2^{ème} étage** (Risch et al., 2011). Les effluents s'écoulent dans le sens de la largeur. La pente des talus est de **2/1**.

La revanche est la hauteur au-dessus de la surface des filtres qui permet le stockage des boues. Elle est de **50 cm pour le 1^{er} étage et de 25 cm pour le 2nd** (Risch et al., 2011). Elle permet de calculer la surface qui sera recouverte par la géomembrane.

Les massifs sont séparés par des cloisons qui sont enfoncées de **30 cm** dans le massif filtrant et qui dépassent d'une hauteur égale à celle de la revanche (Risch et al., 2011). On considère que ces cloisons sont en aluminium et ont une **épaisseur de 5 mm**.

On considère que les deux **bâches de stockage** (une avant chaque étage) représentent chacune **2 m³** de béton maigre.

Important : l'approvisionnement des plantes aquatiques n'est pas modélisé par manque de données.

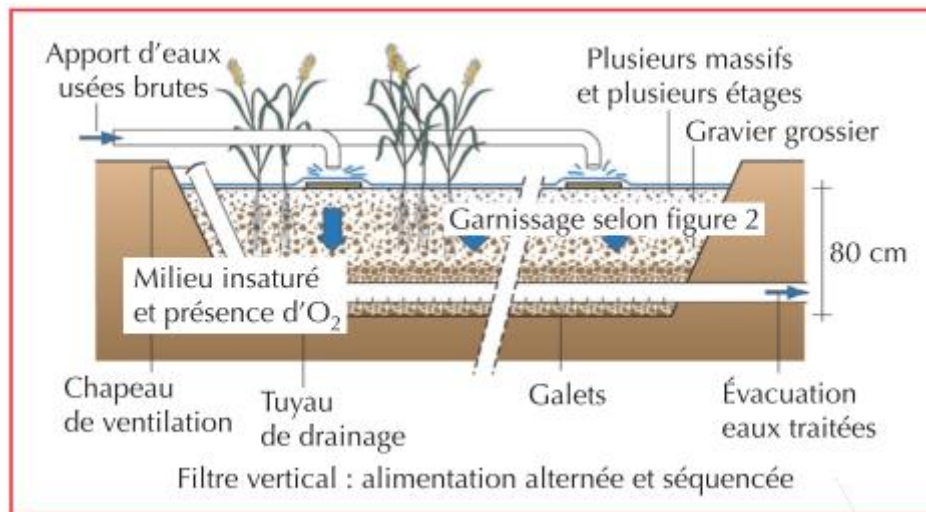


Figure 3. Coupe d'un FPRv (Boutin et al., 2007)

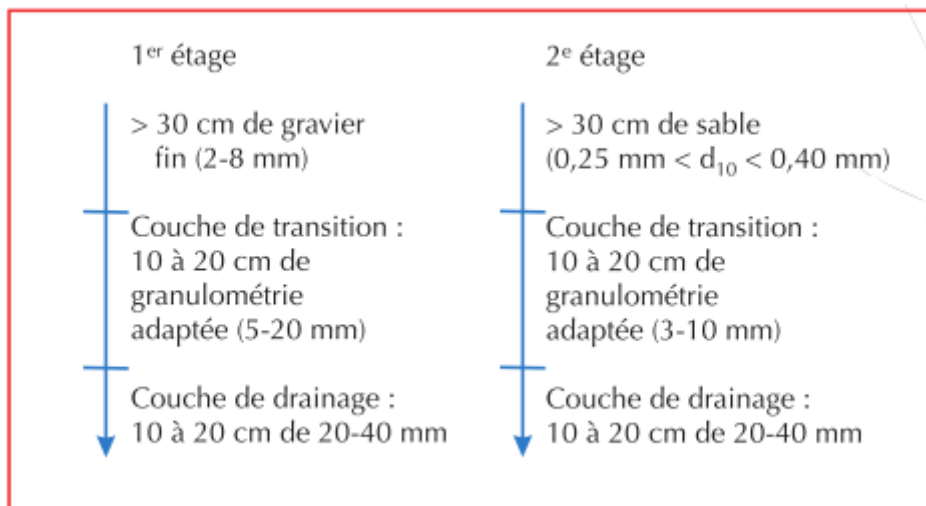


Figure 4. Profils granulométriques des étages d'une filière FPRv (Boutin et al., 2007)

Les hauteurs retenues pour les couches des étages sont les suivantes :

	1 ^{er} étage	2 ^{ème} étage
Hauteur gravier (cm)	30 + 10 + 10 = 50 cm	10 + 10 = 20 cm
Hauteur sable (cm)	0 cm	30 cm

3.2. Equipements

Les équipements propres aux FPRv sont : deux **ouvrages d'alimentation des filtres** par bâchées (siphons auto-amorçants, chasses pendulaires, électrovannes ou pompes selon la topographie et la taille des filtres) et deux dispositifs de sélection des filtres. Lorsqu'un poste de relevage est présent en début de filière, celui-ci peut assurer la fonction d'alimentation séquentielle des filtres du 1^{er} étage : dans ce cas il n'y a pas d'ouvrage d'alimentation supplémentaire pour le 1^{er} étage (EPNAC, 2015). Le choix entre siphons, chasses, électrovannes et pompes est à faire au cas par cas, mais lorsque la capacité est supérieure ou égale à 2000 EH on considère que des pompes sont nécessaires pour alimenter les deux étages de filtres car leur surface est trop importante pour que l'écoulement soit uniquement gravitaire.

Quand l'alimentation par pompes est choisie, on fait l'hypothèse simplificatrice qu'il y a 2 pompes de 50 kg chacune, quelle que soit la capacité de la STEP.

Concernant l'alimentation par siphon/chasse (on assimilera les deux équipements), deux types ont été définis :

- Siphon auto-amorçant/chasse pendulaire (< 1000 EH) : identique au siphon modélisé par Risch et al. (2011), qui correspond à 60 kg de PEHD.
- Siphon auto-amorçant/chasse pendulaire (< 2000 EH) : on considère un siphon plus gros de 100 kg de PEHD.

Quand l'alimentation par électrovanne est choisie, les équipements ne sont pas modélisés car ils sont négligeables : il s'agit simplement d'une poire de niveau qui permet de déclencher l'ouverture d'une vanne lorsque le niveau seuil est atteint.

Concernant les revêtements des fonds des filtres, il faut compter deux couches de géotextile : une sous la géomembrane pour la protection vis-à-vis du sous-sol, et une au-dessus de la membrane pour la protection vis-à-vis des rhizomes des roseaux (MAGE 42, 2007).

3.3. Tuyaux et drains

- *Alimentation du 1^{er} étage par réseau de distribution aérien avec points d'alimentation* : il faut un **point d'alimentation des eaux usées pour 50 m² de surface** (Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux, 2005). De plus, en partant du fait qu'il faille 24 points d'alimentation et 156 m de tuyaux pour un FPRv de 806 EH (Risch et al., 2011), on fait l'hypothèse qu'un **point d'alimentation correspond à 6,5 m de tuyaux**. On fait l'hypothèse que les tuyaux sont en **acier inoxydable** (MAGE 42, 2007). On considère que les tuyaux ont un diamètre extérieur moyen de **200 mm**. On négligera la modélisation des plaques anti-affouillement situées sous les points d'alimentation.
- *Alimentation du 2^{ème} étage par réseau de distribution aérien percé d'orifices* : en partant du fait qu'il faille 92 rampes de distribution pour une longueur de 56 m (Risch et al., 2011), on fait l'hypothèse qu'il faut **1,64 rampe par mètre**. On considère que les rampes ont un diamètre extérieur de **100 mm**. La longueur d'une rampe est égale à la largeur du filtre. La longueur du porte-rampes est égale à la longueur du filtre moins 2 m (pas de rampes aux extrémités). On considère que le porte-rampes a un diamètre extérieur de **200 mm**. Tous les tuyaux sont en **PEHD** (Risch et al., 2011).

- *Drains d'évacuation (pour les deux étages)* : on considère une longueur de **40 mètres linéaires de drains pour 100 m² de filtre**, avec un diamètre extérieur de **160 mm** (Risch et al., 2011). On considère que les drains sont en **PVC** (d'après les modèles proposés à la vente).
- *Connexion entre les deux étages de filtres et avec le milieu récepteur* : on modélise ces tuyaux en considérant une longueur totale de **100 m de tuyau en PVC de diamètre extérieur 200 mm**.

3.4. Opérations d'entretien – exploitation

1.1.14. Inspection de la STEP

L'inspection de la STEP est à faire **deux fois par semaine** (EPNAC, 2015). On considère que toutes les opérations d'entretien (hors curage des boues, faucardage des roseaux et désherbage des abords) sont effectuées durant ces visites.

1.1.1. Désherbage mécanique des abords

D'après Liénard et al. (2004), il faut désherber **6 fois par an**.

1.1.2. Faucardage des roseaux

Le faucardage des roseaux est à faire **une fois par an** (pour les deux étages de filtres). D'après Liénard et al. (2004), il faut environ 80 h de faucardage pour une capacité de 1 000 hab soit 2 000 m² de filtres (2 m²/EH), soit **25 m²/h** (faisable par une personne). On utilisera cette valeur pour estimer les temps de travail. On considère que les plantes coupées sont laissées sur place.

1.1.3. Curage des boues

D'après Liénard et al. (2004), il faut 60 h pour curer les boues d'un filtre planté de roseaux dimensionné pour 1 000 hab au bout de **10 ans**. Avec une production de boues d'environ 20 L/(hab*an) on obtient une vitesse d'accumulation de 20 m³/an. Il faut donc 60 h pour curer 200 m³ de boues, soit 3,3 m³/h que l'on arrondit à **3 m³/h**. On utilisera cette valeur pour estimer les temps de travail.

La siccité moyenne des boues issues de filtres plantés de roseaux est de **25 %** (Liénard et al., 2004).

De plus on considère que les boues ont une masse volumique de **1200 kg/m³**.

4. Hypothèses concernant les FPRv+h

4.1. Dimensionnement

Un FPRv+h est constitué d'un premier étage à écoulement vertical (voir Figure 2) et d'un second étage à écoulement horizontal (voir Figure 5). Pour le premier étage voir le paragraphe ci-dessus. **Les explications suivantes ne concernent que l'étage horizontal.**

Un FPRh est dimensionné sur la base de **2 m²/hab** et a une profondeur de **60 cm** (Boutin et al., 2007). Il est garni uniquement de gravier et comporte un gabion d'alimentation et un gabion d'évacuation. Les gabions

ont une largeur de **50 cm** dans le sens de l'écoulement (Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux, 2005). La pente des talus est de **2/1**.

Le **ratio entre la longueur et la largeur** du filtre est de 1,3 (Molle et al., 2008). Dans la publication deux valeurs sont testées : 1,3 (longueur et largeur presque équivalentes) et 4,5 (longueur beaucoup plus importante que largeur). On choisit la valeur de 1,3 car d'après Boutin et al. (2007) les FPRh "sont généralement de forme plus large que longue, ou éventuellement carrée".

On considère que la revanche est de **25 cm** (comme pour un second étage à écoulement vertical) car les boues ne s'accumulent pas sur cet étage.

Un FPRh n'est pas divisé en plusieurs massifs donc il n'y a pas de cloisons.

On considère que les deux **bâches de stockage** (une avant chaque étage) représentent chacune **2 m³** de béton maigre.

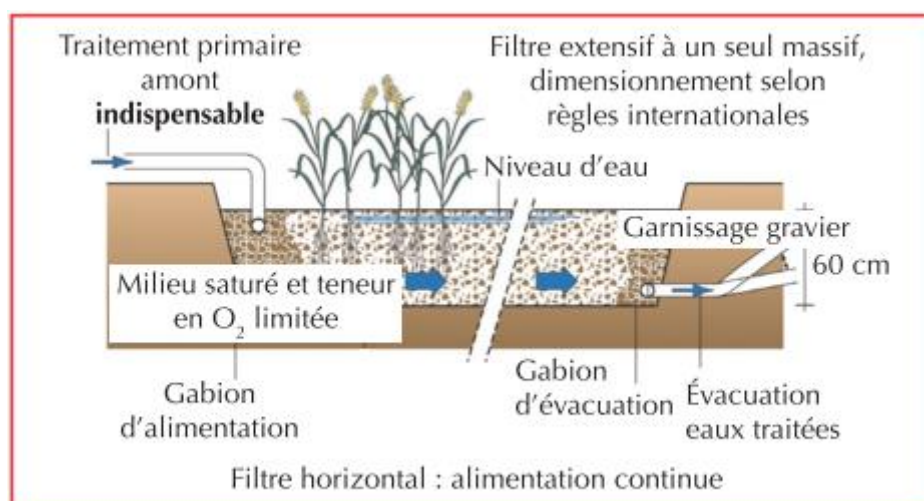


Figure 5. Coupe d'un FPRh (Boutin et al., 2007)

4.2. Equipements

Se référer au paragraphe 3.2. Normalement, l'alimentation d'un filtre horizontal est continue, mais on peut envisager d'utiliser des ouvrages d'alimentation discontinue, notamment lorsque la surface du lit est importante (Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux, 2005).

4.3. Tuyaux et drains

Pour le premier étage et les connexions (entre étages et avec le milieu récepteur) se référer au paragraphe 3.3. Pour le second étage horizontal :

- *Alimentation du 2^{ème} étage par rampe aérienne avec coudes orientables* : la rampe est en PVC (Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux, 2005), de longueur égale à la longueur du filtre et de diamètre extérieur 200 mm.
- *Drain d'évacuation* : l'unique drain de collecte est enfoui sous le gabion d'évacuation. Il est en PVC, de longueur égale à la longueur du filtre et de diamètre extérieur 200 mm (Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux, 2005).

4.4. Opérations d'entretien – exploitation

L'inspection de la STEP et le curage des boues sont identiques au FPRv (voir paragraphe 3.4). En revanche, il n'est pas nécessaire de faucher le filtre horizontal (Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux, 2005), donc la surface concernée est plus faible.

5. Hypothèses concernant le lagunage naturel

5.1. Dimensionnement

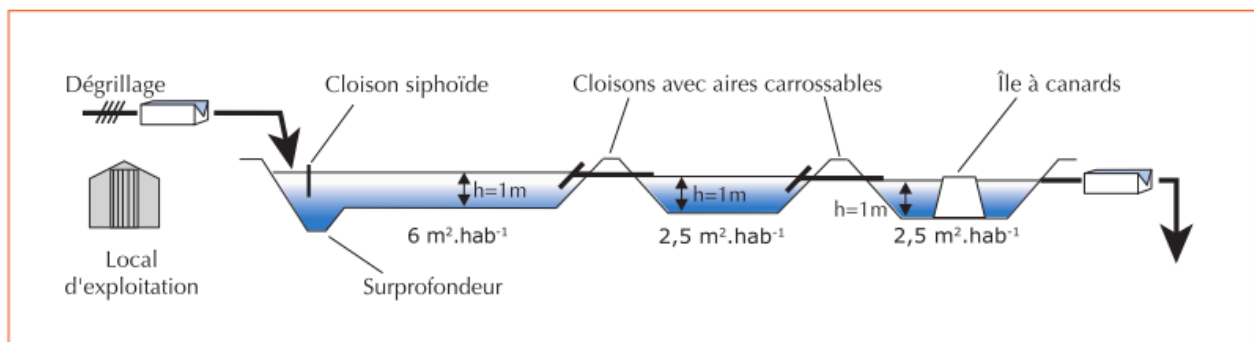


Figure 6. Filière type d'un lagunage naturel (Boutin et al., 2007)

La forme de la première lagune doit être plutôt ramassée avec un ratio longueur/largeur inférieur ou égal à 3 (Racault et al., 1997). On considérera un ratio égal à 2. La forme des deux autres lagunes est variable en fonction des contraintes spécifiques du site, mais on considérera aussi un ratio longueur/largeur de 2. On considérera une **revanche de 50 cm** et une pente des talus de **2/1**. (Alexandre et al., 1998). Pour simplifier les calculs, la surprofondeur en début de première lagune ne sera pas modélisée.

5.2. Equipements

Hormis les équipements communs décrits au paragraphe 2.2, le seul équipement spécifique est une cloison siphonide en entrée de première lagune afin de retenir les graisses. On fait l'hypothèse qu'elle représente **20 kg d'acier inoxydable**.

La circulation d'eau entre les bassins est continue et gravitaire (avec relevage possible en début de filière) (Racault et al., 1997).

Contrairement aux filtres plantés de roseaux, il n'y a qu'une seule couche de géotextile.

5.3. Tuyaux

En l'absence de données disponibles sur les tuyaux, nous faisons l'hypothèse que tous les tuyaux sont en **PVC** avec un diamètre extérieur de **200 mm**. Les tuyaux suivants sont modélisés :

- *Alimentation de la première lagune et évacuation vers le milieu naturel* : on fait l'hypothèse que ces deux canalisations situées aux extrémités ont une longueur totale de 100 m.

- *Communications entre les lagunes* : ces deux canalisations sont en T. On considère une longueur de 6 m chacune afin de tenir compte de la largeur des digues qui est de 4 m (Racault et al., 1997).
- *By-pass des lagunes* : chaque bassin doit pouvoir être by-passé pour des raisons d'entretien (Racault et al., 1997). On fait l'hypothèse simplificatrice que chaque by-pass a une longueur égale à celle de la lagune concernée.

5.4. Opérations d'entretien – exploitation

1.1.4. Inspection de la STEP

L'inspection de la STEP est à faire **une fois par semaine** (Liénard et al., 2004). On considère que toutes les opérations d'entretien (hors curage des boues et désherbage des abords) sont effectuées durant ces visites.

1.1.1. Désherbage mécanique des abords

D'après Liénard et al. (2004) et Racault et al. (1997), il faut désherber **4 fois par an**.

1.1.2. Extraction des boues

D'après Liénard et al. (2004), il faut 20 jours soit 160 h pour extraire les boues de la première lagune (pour une capacité de 1 000 hab) au bout de **13 ans**. Avec une production de boues d'environ 110 L/(hab*an) on obtient une vitesse d'accumulation de 110 m³/an (pour 1000 hab). Il faut donc 160 h pour extraire 1430 m³ de boues, soit **9 m³/h**. On utilisera cette valeur pour estimer les temps de travail.

Quelle que soit la technique utilisée (curage après vidange de l'eau ou curage sous l'eau), l'opération consiste toujours à pomper les boues liquides vers une tonne à lisier.

En l'absence de données sur la quantité de boues extraites de la surprofondeur en début de première lagune, leur extraction ne sera pas modélisée.

La siccité moyenne des boues issues du lagunage naturel est de **8,5 %** (Liénard et al., 2004).

De plus on considère que les boues ont une masse volumique de **1000 kg/m³** (boues liquides).

6. Hypothèses concernant le lagunage aéré

6.1. Dimensionnement (Alexandre et al., 1998)

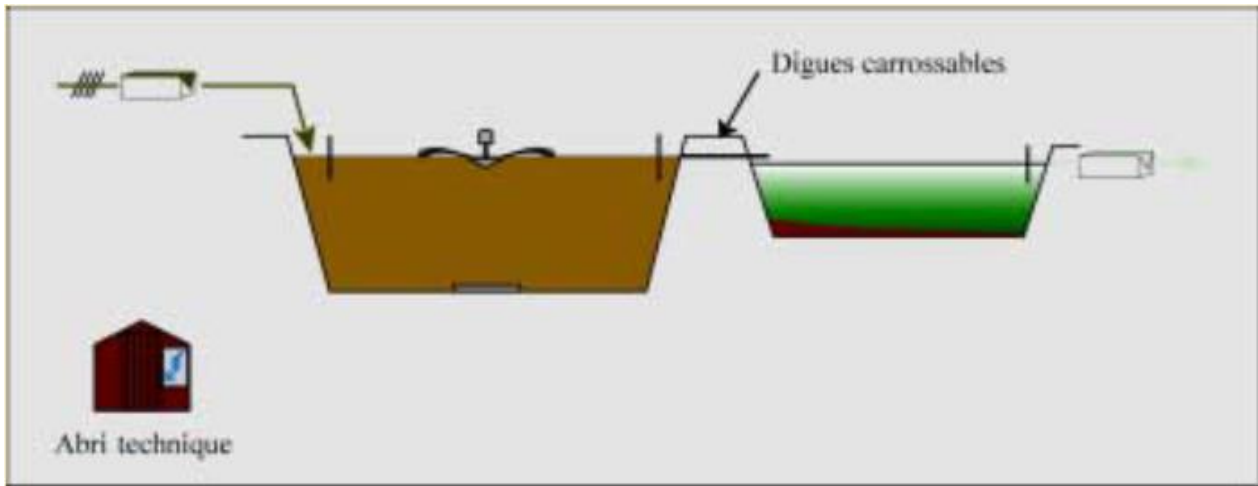


Figure 7. Filière type d'un lagunage aéré (Alexandre et al., 1998)

La filière est composée d'une **lagune aérée** dimensionnée sur la base de **1 m²/EH** avec une profondeur de **3 m** (soit 3 m³/EH), et d'une **lagune de décantation** dimensionnée sur la base de **0,5 m²/EH** avec une profondeur de **2 m** (soit 1 m³/EH).

La revanche est de **60 cm** pour la lagune aérée et de **50 cm** pour la lagune de décantation. On considérera un ratio **longueur/largeur de 2** et une pente des talus de **2/1** pour les deux lagunes.

6.2. Equipements

Les équipements spécifiques au lagunage aéré sont les **aérateurs et la cloison siphonoïde** en entrée de première lagune afin de retenir les graisses. On fait l'hypothèse que la cloison représente **20 kg d'acier inoxydable**.

Les besoins de brassage nécessitent une puissance de **5 W/m³** (Alexandre et al., 1998) et dans la filière type dimensionnée dans ce document, un aérateur de **7,5 kW** est utilisé. On utilisera ces données afin de calculer le nombre d'aérateurs nécessaires pour chaque filière modélisée. On considère une technologie **d'aérateurs flottants à vis hélicoïdale**, dont la modélisation est basée sur la documentation technique d'un fournisseur (ISMA).

Des **dalles de béton** sont placées sous les aérateurs afin de protéger le fond des lagunes contre les affouillements. On fait l'hypothèse que chaque dalle a une surface de **9 m² (3 x 3 m)** et une épaisseur de **10 cm**.

La circulation d'eau entre les deux lagunes est continue et gravitaire (avec relevage possible en début de filière).

Tout comme le lagunage naturel, il n'y a qu'une seule couche de géotextile.

6.3. Tuyaux

On conserve les mêmes hypothèses que pour le lagunage naturel (voir paragraphe 5.3).

6.4. Opérations d'entretien – exploitation

1.1.3. Consommation électrique

D'après Alexandre et al. (1998), une filière de lagunage aéré pour 1000 EH consomme 39 720 kWh/an, soit **0,1 kWh/(EH*j)**. On utilisera cette valeur pour estimer la consommation électrique globale d'une filière de lagunage aéré.

1.1.4. Inspection de la STEP

L'inspection de la STEP est à faire **une fois par semaine** (Alexandre et al., 1998). On considère que toutes les opérations d'entretien (hors curage des boues et désherbage des abords) sont effectuées durant ces visites.

1.1.5. Désherbage mécanique des abords

D'après Alexandre et al. (1998), il faut désherber **4 fois par an**.

1.1.6. Extraction des boues

Les boues de la lagune de décantation sont à extraire **tous les 2 ans** (Alexandre et al., 1998). On fait l'hypothèse que la production de boues est égale à celle d'un lagunage naturel soit de **110 L/(EH*an)**, de même que la vitesse d'extraction des boues (soit **9 m³/h**).

Quelle que soit la technique utilisée (curage après vidange de l'eau ou curage sous l'eau), l'opération consiste toujours à pomper les boues liquides vers une tonne à lisier.

La siccité moyenne des boues issues du lagunage aéré est de **5 %** (dire d'expert).

De plus on considère que les boues ont une masse volumique de **1000 kg/m³** (boues liquides).

7. Hypothèses concernant le lagunage tertiaire

Le lagunage tertiaire, en aval d'une épuration biologique secondaire, peut répondre à plusieurs objectifs (Racault et al., 1997) :

- Traitement de finition (polissage) dont le but est de réduire la concentration rejetée en MES ce qui conduit à améliorer l'élimination de la charge carbonée, voire la charge d'azote et de phosphore particulaires.
- Une désinfection complémentaire des effluents notamment dans le cas de rejet en zone de baignade.
- Un traitement des débits « by-passés » peu chargés liés aux épisodes pluvieux qui constitue aussi un palliatif (stockage, traitement partiel, etc.) pour faire face à des incidents de traitement.

Le dimensionnement du lagunage tertiaire dépend de l'objectif recherché. Par la suite, les données d'inventaire concernent le lagunage tertiaire avec un **objectif de désinfection**.

7.1. Dimensionnement

D'après l'IWA, deux systèmes sont possibles (efficaces) :

- Plusieurs lagunes en série (au moins 3)
- Une ou plusieurs lagunes avec des chicanes

Nous choisissons de modéliser 3 lagunes identiques en série, pour lesquelles des recommandations sont disponibles dans Racault et al. (1997). Pour dimensionner ce traitement, nous avons suivi la méthode de calcul de l'IWA (2007) en utilisant les paramètres de Racault et al. (1997) :

- a) Détermination du débit journalier (m³/j) avec l'hypothèse de 0,15 m³/EH ;
- b) Choix du temps de séjour total : 25 j (Racault et al. 1997) ;
- c) Détermination du volume de chaque lagune à partir du débit journalier et du temps de séjour total ;
- d) Choix de la profondeur des lagunes : 1 m (Racault et al. 1997) ;
- e) Détermination de la surface de chaque lagune à partir du volume et de la profondeur ;
- f) Choix du ratio entre la longueur et la largeur de chaque lagune : 3 (Racault et al. 1997) ;
- g) Détermination de la longueur et de la largeur de chaque lagune à partir du ratio et de la surface.

On considère une revanche de **50 cm** pour chaque lagune.

Le seul ouvrage en béton à prendre en compte est le canal de sortie vers le milieu naturel (mesure de débit) car les autres ouvrages en béton sont déjà pris en compte dans la filière de traitement en amont du lagunage tertiaire. On considère qu'il représente **2 m³** de béton (voir 1.1.6).

7.2. Equipements

Mise à part les revêtements permettant l'imperméabilisation des bassins, le lagunage tertiaire ne nécessite aucun équipement. La circulation d'eau entre les lagunes est continue et gravitaire. Tout comme le lagunage naturel, il n'y a qu'une seule couche de géotextile.

7.3. Tuyaux

On conserve les mêmes hypothèses que pour le lagunage naturel (voir paragraphe 5.3).

7.4. Opérations d'entretien – exploitation

1.1.1. Inspection de la STEP

Le traitement étant tertiaire, la fréquence d'inspection est égale à la fréquence définie pour la filière de traitement en amont (pas d'ajout de déplacements).

1.1.1. Désherbage mécanique des abords

On conserve la même hypothèse que pour le lagunage naturel, soit **4 désherbages par an**.

1.1.1. Extraction des boues

D'après Liénard et al. (2004), la hauteur d'accumulation des boues dans un lagunage naturel est d'environ 20 mm/an. Dans le cas d'une lagune tertiaire l'accumulation est très inférieure à 20 mm/an. De façon très grossière nous considérons que 20 mm/an de boues correspondent à une arrivée d'eau usée chargée à environ 500 mg/L de MES (ordre de grandeur), donc une arrivée d'eau chargée à environ 25 mg/L de MES (sortie de traitement secondaire) correspond à une accumulation de **1 mm/an**. A ce rythme il faudrait 100 ans pour obtenir 10 cm de boues, ce qui excède la durée de vie de la STEP. Par conséquent nous ne modéliserons pas cette étape, qui dans tous les cas, compte-tenu de la très faible fréquence de curage, est négligeable à côté des autres opérations d'entretien.

8. Références

Alexandre, O., Boutin, C., Duchène, P., Lagrange, C., Lakel, A., Liénard, A., Orditz, D., 1998. FNDAE 22 - Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités.

Boutin, C., 2003. Éléments De Comparaison Techniques Et Économiques Des Filières D'Épuration Adaptées Aux Petites Collectivités – Ingénieries, 34, p47-p55.

Boutin, C., Gillot, S., Héduit, A., Mur, I., Risch, E., Roux, P., 2011. Modèle ACV – Filière de traitement des eaux usées par boues activées (BA).

Boutin, C., Liénard, A., Molle, P., 2007. Les filtres plantés de roseaux, le lagunage et leurs associations : comment ? Pourquoi ? – Sinfotech, p1-p6.

EPNAC, 2015. Ouvrages de traitement par filtres plantés de roseaux : Guide d'exploitation.

Groupe Macrophytes et Traitement des Eaux, 2005. Epuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes : recommandations techniques pour la conception et la réalisation.

ISMA, www.ISMA.fr

Liénard, A., Boutin, C., Molle, P., Racault, Y., Brissaud, F., Picot, B., 2004. Filtres plantés de roseaux à flux vertical et lagunage naturel en traitement d'eaux usées domestiques en France : comparaison des performances et des contraintes d'exploitation en termes de pérennité et fiabilité – Ingénieries, p87-p99.

MAGE 42, 2007. Stations d'épuration des petites collectivités : recommandations issues du retour d'expérience MAGE.

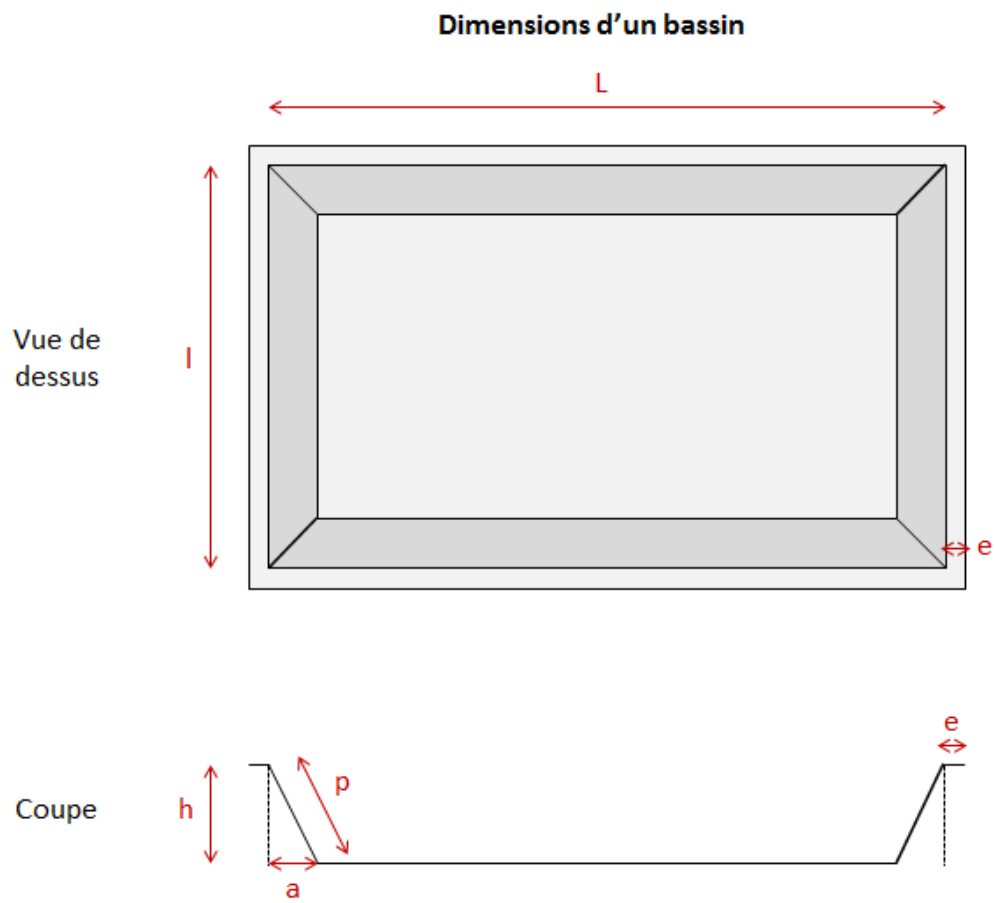
Molle, P., Prost-Boucle, S., Liénard, A., 2008. Potential for total nitrogen removal by combining vertical flow and horizontal flow constructed wetlands: A full-scale experiment study – Ecological Engineering, p23-29.

Racault, Y., Bois, J., Carré, J., Duchêne, Ph., Lebaudy, B., Lesavre, J., Lickel, P., Rateau, M., Vachon, A., 1997. Le lagunage naturel : les leçons tirées de 15 ans de pratique en France.

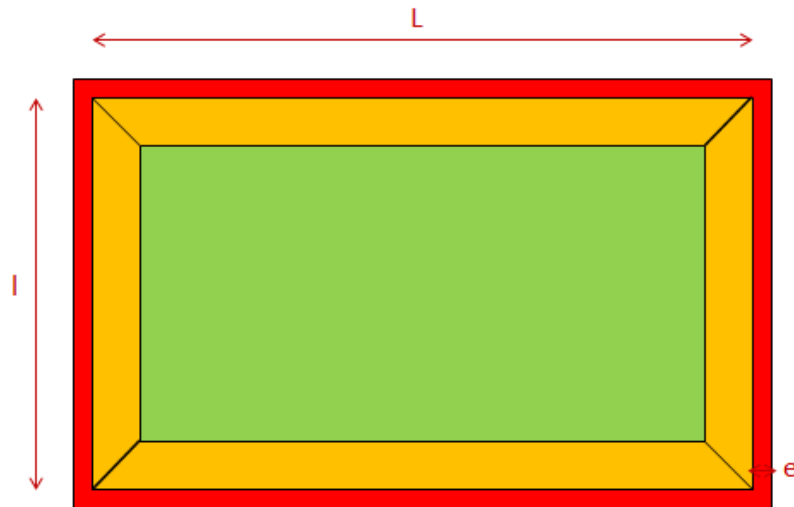
Risch, E., Boutin, C., Roux, P., Héduit, A., 2011. Modèle ACV – Filière de traitement des eaux usées par filtres plantés de roseaux à flux verticaux (FPRv).

9. Annexes

Annexe 1. Détermination de la surface recouverte par une géomembrane/un géotextile



Détermination de la surface de revêtement d'un bassin (géomembrane, géotextile)



Surface totale = Surface du fond + Surface des pentes + Surface de la bordure
 $Stot = Sf + Sp + Sb$

$$Sf = (L - 2 \times a) \times (l - 2 \times a)$$

$$Sp = 2 \times [L + (L - 2 \times a)] \times p / 2 + 2 \times [l + (l - 2 \times a)] \times p / 2$$

$$Sp = 2 \times p \times (L + l - 2 \times a)$$

$$Sb = 2 \times [(L + 2 \times e) \times e] + 2 \times (l \times e)$$

STEU BA 1 500 EH, traitement des boues par rhizocompostage

- La surface désherbée est de 4 000 m² ce qui correspond à 9 h de travail, soit environ un jour de travail pour une personne. Cette opération est effectuée 6 fois par an donc nécessite au total **6 trajets**.
- La surface faucardée est de 602 m² ce qui correspond à 24 h de travail, soit 3 jours de travail pour une personne. Cette opération est effectuée 1 fois par an donc nécessite au total **3 trajets**.
- Le volume de boue est de 800 m³ au bout de 5 ans (soit 960 t) ce qui correspond à 267 h de travail. On fait l'hypothèse que 4 personnes sont mobilisées, ce qui correspond à 8 jours de travail. On fait l'hypothèse que les personnes covoitent (recours à un prestataire contrairement aux autres interventions), donc au total il y a **8 trajets** aller-retour à la STEU.

STEU BA 5 200 EH, traitement des boues par rhizocompostage

- La surface désherbée est de 5 000 m² ce qui correspond à 11 h de travail, soit environ un jour et demi de travail pour une personne. Cette opération est effectuée 6 fois par an donc nécessite au total **12 trajets**.

- La surface faucardée est de 2 968 m² ce qui correspond à 119 h de travail. On fait l'hypothèse que 2 personnes sont mobilisées, ce qui correspond à 7 jours de travail. Cette opération est effectuée 1 fois par an donc nécessite au total **14 trajets** (on fait l'hypothèse que les personnes ne covoiturent pas).
- Le volume de boue est de 2 000 m³ au bout de 10 ans (soit 2 400 t) ce qui correspond à 667 h de travail. On fait l'hypothèse que 10 personnes sont mobilisées, ce qui correspond à 8 jours de travail. On fait l'hypothèse que les personnes covoiturent (recours à un prestataire contrairement aux autres interventions), donc au total il y a **8 trajets** aller-retour à la STEU.

STEU FPRv 806 EH

- La surface désherbée est de 3 500 m² ce qui correspond à 8 h de travail, soit environ un jour de travail pour une personne. Cette opération est effectuée 6 fois par an donc nécessite au total **6 trajets**.
- La surface faucardée est de 1 934 m² ce qui correspond à 77 h de travail. On fait l'hypothèse que 2 personnes sont mobilisées, ce qui correspond à 5 jours de travail. Cette opération est effectuée 1 fois par an donc nécessite au total **10 trajets** (on fait l'hypothèse que les personnes ne covoiturent pas).
- Le volume de boue est de 240 m³ au bout de 14 ans (soit 288 t) ce qui correspond à 80 h de travail. On fait l'hypothèse que 3 personnes sont mobilisées, ce qui correspond à 3 jours de travail. On fait l'hypothèse que les personnes covoiturent (recours à un prestataire contrairement aux autres interventions), donc au total il y a **3 trajets** aller-retour à la STEU.

STEU FPRv+h 3 000 EH

- La surface désherbée est de 20 700 m² ce qui correspond à 47 h de travail. On fait l'hypothèse que 3 personnes sont mobilisées, ce qui correspond à 2 jours de travail. Cette opération est effectuée 6 fois par an donc nécessite au total **36 trajets**.
- La surface faucardée est de 4 320 m² ce qui correspond à 173 h de travail. On fait l'hypothèse que 3 personnes sont mobilisées, ce qui correspond à 7 jours de travail. Cette opération est effectuée 1 fois par an donc nécessite au total **21 trajets** (on fait l'hypothèse que les personnes ne covoiturent pas).
- Le volume de boue est de 1 008 m³ au bout de 14 ans (soit 1 210 t) ce qui correspond à 336 h de travail. On fait l'hypothèse que 5 personnes sont mobilisées, ce qui correspond à 8 jours de travail. On fait l'hypothèse que les personnes covoiturent (recours à un prestataire contrairement aux autres interventions), donc au total il y a **8 trajets** aller-retour à la STEU.