



DOSSIER

TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR

l'expertise technique et scientifique de référence

c5220

Traitement des eaux résiduaires des agglomérations - Concepts et relevage

Date de publication : 10/02/2014

Par :

Jean-Marc BERLAND

*Docteur en sciences et techniques de l'Environnement de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Chef de
Projet à l'Office International de l'Eau - CNIDE - Limoges (France)*

Ce dossier fait partie de la base documentaire

Génie civil - Gestion de l'eau

dans le thème **Génie civil**

et dans l'univers **Construction**

Document délivré le 17/03/2014

Pour le compte

7200097598 - éditions ti // nc AUTEURS // 217.109.84.129

Pour toute question :

Service Relation Clientèle • Éditions Techniques de l'Ingénieur • 249, rue de Crimée
75019 Paris – France

par mail : infos.clients@teching.com ou au téléphone : 00 33 (0)1 53 35 20 20



Traitement des eaux résiduaires des agglomérations

Concepts et relevage

par **Jean-Marc BERLAND**

*Docteur en sciences et techniques de l'Environnement de l'École Nationale des Ponts et
Chaussées
Chef de Projet à l'Office International de l'Eau – CNIDE – Limoges (France)*

1. Prescriptions pour rejets d'épuration d'eaux urbaines.....	C 5 220v3 – 3
2. Choix des filières techniques	– 4
3. Calcul des débits d'eaux usées domestiques.....	– 4
3.1 Débits maximaux d'avenir	– 4
3.2 Débits moyens actuels	– 5
4. Relèvement en tête de l'installation	– 5
4.1 Volume utile de la bêche de relèvement	– 6
4.2 Hauteur manométrique totale.....	– 6
4.3 Puissance de la pompe	– 8
4.3.1 Puissance sur arbre moteur	– 8
4.3.2 Puissance absorbée aux bornes moteur.....	– 8
4.4 Intensité électrique absorbée aux bornes du moteur.....	– 8
5. Filières de prétraitement.....	– 8
5.1 Dégrilleur	– 8
5.1.1 Principe général	– 8
5.1.2 Bases de dimensionnement	– 8
5.2 Dessableur	– 8
5.2.1 Principe	– 8
5.2.2 Dimensionnement	– 10
5.3 Fosse septique eaux grises et eaux vannes (toutes eaux)	– 10
5.3.1 Principe	– 10
5.3.2 Conception et dimensionnement	– 10
5.3.3 Pratiques de dimensionnement en France	– 11
5.3.4 Autres méthodes pratiques de dimensionnement	– 12
5.3.5 Éléments constitutifs	– 12
5.3.6 Sous-produits	– 12
5.3.7 Avantages et inconvénients	– 12
5.3.8 Exploitation	– 12
5.4 Décanteurs.....	– 13
5.4.1 Principe	– 13
5.4.2 Méthodes de dimensionnement pratique.....	– 13
5.5 Décanteur-digesteur	– 15
5.5.1 Principe	– 15
5.5.2 Performances attendues.....	– 16
5.5.3 Équipement n'assurant qu'un traitement primaire	– 16
5.5.4 Dimensionnement des éléments constitutifs	– 16
5.5.5 Sous-produits	– 16
5.5.6 Décanteurs-digesteurs horizontaux : « variante » interdite ...	– 16
5.5.7 Avantages et inconvénients	– 17
5.5.8 Exploitation	– 17
6. Conclusion.....	– 17
Pour en savoir plus.....	Doc. C 5 220v3

L'application et le respect de la directive du Conseil du 21 mai 1991, relative au traitement des eaux résiduaires urbaines, constituent toujours un enjeu majeur pour la France. Cette directive est une des pièces maîtresses de la politique environnementale de l'Union européenne.

L'une des dispositions de ce texte est l'obligation, pour les agglomérations, de mettre en place un système de collecte des eaux usées, obligatoirement associé à un système de traitement des eaux usées.

Le respect de ces obligations devait se mettre en place de manière progressive. Il s'agissait d'équiper :

- avant le 31 décembre 1998, les agglomérations de plus de 10 000 EH rejetant leurs effluents dans une zone sensible ;
- avant le 31 décembre 2000, les agglomérations de plus de 15 000 EH qui ne rejettent pas leurs effluents dans des zones sensibles ;
- avant le 31 décembre 2005, les agglomérations de 2 000 EH à 10 000 EH, ou de 2 000 EH à 15 000 EH non concernées par les échéances de 1998 et de 2000.

En ce qui concerne l'échéance de 2005, la directive oblige les agglomérations de 2 000 EH à 10 000 EH qui rejettent dans une zone sensible, et jusqu'à 15 000 EH pour celles qui ne rejettent pas leurs effluents en zone sensible, à mettre en place un système de collecte et de traitement secondaire (pour les rejets en eau douce ou en estuaire), ou un système de collecte et de traitement approprié (pour les rejets en eaux côtières).

Néanmoins, la directive permet, lorsque l'installation d'un système de collecte ne se justifie pas, soit parce qu'il ne présente pas d'intérêt pour l'environnement, soit parce que son coût est excessif, de mettre en place des systèmes d'assainissement individuels, ou d'autres systèmes appropriés assurant un niveau identique de protection de l'environnement.

Par ailleurs, l'obligation de mettre en place un traitement ne se limite pas aux agglomérations de plus de 2 000 EH. Il est précisé, dans la directive, que les agglomérations de moins de 2 000 EH, ayant un système de collecte, mettent en place un traitement approprié de leurs effluents avant le 31 décembre 2005.

Le présent ensemble de trois articles présente les différentes techniques de traitement des eaux usées qui permettent de respecter les différentes obligations de cette directive.

C'est avant tout vers ces différentes techniques qu'il faudra se tourner pour remplacer une (ou plusieurs, en cas de regroupement des effluents) station(s) d'épuration vétuste(s), ou quand il faudra construire une station pour une nouvelle zone d'urbanisation, ou dans une zone non encore desservie par telle station de traitement des eaux résiduaires urbaines.

Ce premier article aborde les aspects suivants :

- prescriptions relatives aux rejets provenant des stations d'épuration d'eaux urbaines ;
- choix des filières techniques ;
- calcul des débits des eaux usées domestiques ;
- relèvement en tête de l'installation ;
- filières de prétraitement.

1. Prescriptions pour rejets d'épuration d'eaux urbaines

Les prescriptions instaurées par la directive « eaux résiduaires urbaines » pour agglomérations comprises entre 2 000 et 10 000 EH sont résumées dans les tableaux 1 et 2.

On appliquera la valeur de la concentration ou le pourcentage de réduction.

Les analyses relatives aux rejets provenant du lagunage doivent être effectuées sur des échantillons filtrés. Toutefois, la concentration du total des matières solides en suspension dans les échantillons d'eau non filtrée ne doit pas dépasser 150 mg/L.

Remarques

Il est possible d'appliquer la valeur de concentration ou le pourcentage de réduction en se basant sur la BDO₅ ou la DCO, ou bien encore les deux.

Une exception est faite pour le lagunage. En effet, les analyses des rejets provenant de ce type d'installation doivent être effectuées sur des échantillons filtrés. Toutefois, la concentration du total des matières solides en suspension dans les échantillons d'eau non filtrée ne doit pas dépasser 150 mg/L.

Tableau 1 – Prescriptions relatives aux rejets provenant des stations d'épuration d'eaux urbaines

Paramètres	Concentration	Pourcentage minimal de réduction (1)	Méthodes de mesure de référence
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅ à 20 °C) sans nitrification (2)	25 mg/L O ₂	70-90	<ul style="list-style-type: none"> Échantillon homogénéisé, non filtré, non décanté. Détermination de l'oxygène dissous avant et après une incubation de 5 j à 20 °C ± 1 °C, dans l'obscurité complète. Addition d'un inhibiteur de nitrification.
Demande chimique en oxygène (DCO)	125 mg/L O ₂	75	Échantillon homogénéisé, non filtré, non décanté. Bichromate de potassium.
Total des matières solides en suspension	35 mg/L (3) 35 pour les stations de plus de 10 000 EH 60 pour les stations de 2 000 à 10 000 EH)	90 (3) 90 pour les stations de plus de 10 000 EH 70 pour les stations de 2 000 à 10 000 EH)	<ul style="list-style-type: none"> Filtration d'un échantillon représentatif sur une membrane de 0,45 µm, séchage à 105 °C et pesée. Centrifugation d'un échantillon représentatif (pendant 5 min au moins, avec accélération moyenne de 2 800 à 3 200 g), séchage à 105 °C, pesée.

(1) Réduction par rapport aux valeurs à l'entrée.

(2) Ce paramètre peut être remplacé par un autre : carbone organique total (COT) ou demande totale en oxygène (DTO), si une relation peut être établie entre la DBO₅ et le paramètre de substitution.

(3) Cette exigence est facultative.

Tableau 2 – Prescriptions relatives aux rejets provenant des stations d'épuration des eaux urbaines résiduaires en zones sensibles sujettes à eutrophisation

Paramètres	Concentration	Pourcentage minimal de réduction (1)	Méthode de mesure de référence
Phosphore total	2 mg/L (EH compris entre 10 000 et 100 000) 1 mg/L (EH de plus de 100 000)	80	Spectrophotométrie par absorption moléculaire
Azote total (2)	15 mg/L (EH compris entre 10 000 et 100 000) (3) 10 mg/L (EH de plus de 100 000) (3)	70-80	Spectrophotométrie par absorption moléculaire

(1) Réduction par rapport aux valeurs à l'entrée.

(2) « Azote total » signifie le total de l'azote dosé selon la méthode de Kjeldahl (azote organique et ammoniacal), de l'azote contenu dans les nitrates et de l'azote contenu dans les nitrites.

(3) Ces valeurs de la concentration sont des moyennes annuelles, selon l'annexe I, point D 4 c). Toutefois, les exigences pour l'azote peuvent être vérifiées en utilisant des moyennes journalières quand il est prouvé, conformément à l'annexe I, point D 1, que le même niveau de la protection est obtenu. Dans ce cas, la moyenne journalière ne peut pas dépasser 20 mg/L d'azote total pour tous les échantillons, quand la température de l'effluent dans le réacteur biologique est supérieure ou égale à 12 °C. La condition concernant la température pourrait être remplacée par une limitation du temps de fonctionnement tenant compte des conditions climatiques régionales.

2. Choix des filières techniques

On peut proposer l'arbre de décision de la figure 1 pour le choix d'une filière d'épuration, d'après Jean Duchemin [1].

■ Domaines d'utilisation des filières types

- Le **domaine conseillé** représente la gamme de taille optimale combinant, à la fois les exigences de la réglementation, et les compromis les plus évidents au plan technico-économique.
- Le **domaine possible** élargit la gamme de taille dans laquelle un procédé peut être choisi en fonction de contraintes locales particulières. Des limites fixées indépendamment de tout contexte présentent toujours un aspect arbitraire qu'il convient de relativiser. Se reporter à l'organigramme de la figure 2 [2].

3. Calcul des débits d'eaux usées domestiques

3.1 Débits maximaux d'avenir

Pour estimer des débits maximaux, il faut partir de la consommation d'eau par habitant et par vingt-quatre heures correspondant aux plus fortes consommations journalières de l'année. Ces dernières sont estimées ou calculées à partir des volumes d'eau produits, déduction faite des pertes et des volumes d'eau destinés, le cas échéant, aux industries et artisans.

■ Notions de « pertes »

Attention ! L'eau consommée ne correspond pas en totalité à l'eau produite à cause des pertes existant sous diverses formes

(lavage des installations filtrantes, fuites des réservoirs et de canalisations), qui peuvent atteindre couramment 20 à 30 % de la production quand le réseau de distribution est en bon état. Les pertes peuvent même atteindre 50 % et plus, dans le cas de réseaux dégradés et ne fonctionnant pas 24 heures sur 24 (dans les pays en voie de développement, notamment).

En France, ces pertes se situent, le plus souvent, entre 20 et 30 %.

Par ailleurs, l'eau consommée, tant par les usagers que par les services publics, ne parvient pas en totalité au réseau d'assainissement :

- l'eau d'arrosage des jardins et plantations est vouée à l'infiltration dans le sol, ou à l'évaporation dans l'atmosphère ;
- l'eau de lavage des espaces publics est recueillie dans les ouvrages pluviaux.

Elles peuvent être aussi recueillies dans les ouvrages unitaires et grossir le débit de temps sec.

■ Recommandations

- **En règle générale**, il faut tenir compte :
 - de l'accroissement prévisible de la population ;
 - du développement probable de la consommation humaine en fonction de l'évolution de l'habitat. Les secteurs d'habitat ancien étant susceptibles d'engendrer des débits plus importants au fur et à mesure de leur rénovation opérationnelle, ou de leur modernisation, quand elle est possible.

- **Dans certaines zones**, coexistent des zones d'habitat ancien et d'habitat nouveau (ou ancien rénové). Il faut alors faire plusieurs hypothèses sur la cadence de rénovation ou de modernisation de l'habitat ancien.

Remarque

Il est nécessaire de procéder à des études locales, qui tiendront compte de tous les critères, et des contraintes caractérisant l'agglomération traitée.

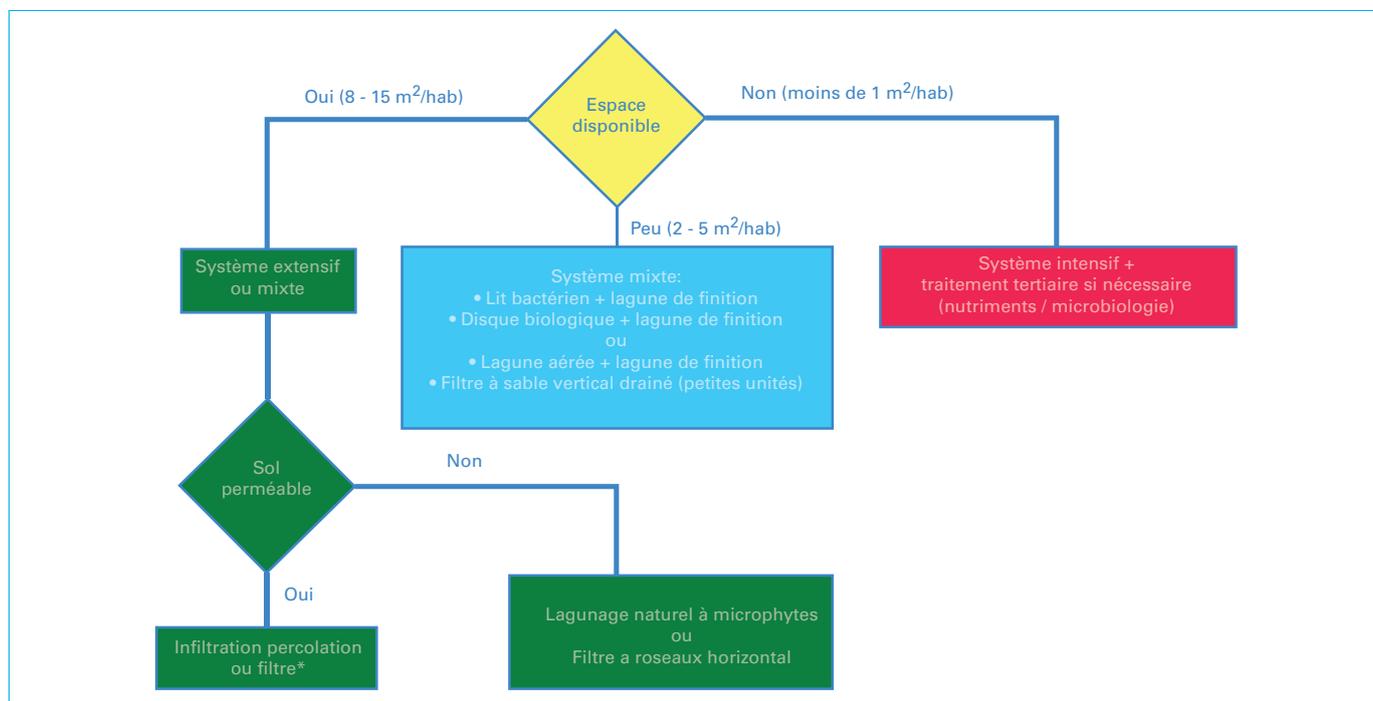


Figure 1 – Arbre de décision (Crédit Commission européenne – 2001)

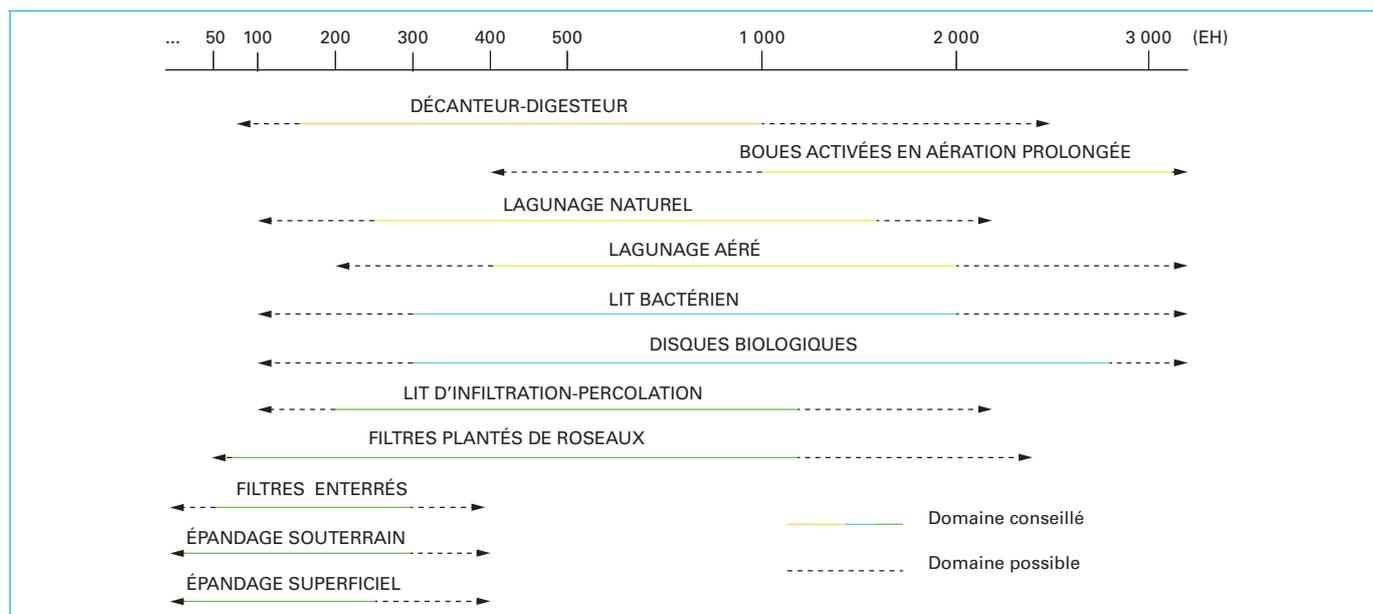


Figure 2 – Domaines d'utilisation de certaines filières types – Cas des petites capacités (Crédit FNDAE)

■ Calculs

Après avoir estimé le débit moyen journalier « q_m » à considérer en un point du réseau, on déterminera le coefficient du point « p » qui est le rapport entre le débit maximal et le débit moyen au cours de cette même journée, ce coefficient « p » est appelé « coefficient de pointe ».

Ce coefficient de pointe est largement influencé par :

- la consommation ;
- le nombre de raccordements ;
- le temps d'écoulement dans le réseau, qui dépend en particulier de sa longueur.

Il décroît avec la consommation totale et avec le nombre des raccordements. Par ailleurs, la répartition de ces raccordements sur le parcours du réseau contribue à l'étalement de la pointe par la dispersion dans le temps qu'elle suppose.

Le coefficient de pointe ne devrait pas dépasser la valeur 4 dans les têtes de réseaux pour les débits résultant d'une population groupée limitée à 400 habitants, ni descendre au-dessous de la valeur limite de 1,5 dans les parties d'aval.

Au sein de cette fourchette, et compte tenu des considérations qui précèdent, le coefficient « p » varie sur le réseau considéré selon la formule suivante :

$$p = a + \frac{b}{\sqrt{q_m}}$$

Dans laquelle, « q_m » exprimé en litres par seconde, on adoptera les valeurs « $a = 1,5$ » et « $b = 2,5$ ».

3.2 Débits moyens actuels

En supposant que l'on effectue le raccordement de tous les immeubles actuels, les débits moyens minimaux se situent approximativement, en France et dans des pays européens comparables, dans la fourchette de 80 à 150 litres/habitant/jour, suivant les types d'habitat et leur importance.

Dans la mesure du possible, des mesures devront être faites pour déterminer les ordres de grandeur.

Le débit moyen s'obtient en supposant, répartie sur 24 h, la valeur du rejet journalier ainsi évalué. La capacité d'autocurage des canalisations est vérifiée sur la base de ce débit moyen et de l'évolution des circonstances de l'urbanisation.

Dans les agglomérations à population variable suivant les saisons (stations de tourisme, etc...). Le débit minimal à prendre en compte pour apprécier les capacités d'autocurage résultera d'une étude particulière. Le débit, relatif à la population recensée, ne correspondant pas, dans la plupart des cas, à ce débit minimal.

4. Relèvement en tête de l'installation

À l'arrivée d'une station de traitement des eaux usées, les concepteurs sont le plus souvent contraints d'installer un poste de relèvement, pour assurer un écoulement gravitaire sur l'ensemble des ouvrages, et cela jusqu'au point de rejet.

La cote d'arrivée des effluents en aval de la station doit être déterminée par la prise en compte de l'ensemble des pertes de charges au travers des ouvrages, en partant de la cote des plus hautes eaux (PHE) du point de rejet.

- On parle de « poste de relèvement » quand il s'agit de faire acheminer l'eau usée uniquement en hauteur, sans grande distance entre le lieu de pompage et le lieu de livraison de l'eau. Autrement dit, lorsque les pertes de charges linéaires sont faibles devant la hauteur géométrique.

- On parle de « poste de refoulement » par opposition quand la distance est souvent grande. C'est-à-dire quand les pertes de charges linéaires sont prépondérantes dans le calcul de la hauteur manométrique totale (HMT).

Les paramètres nécessaires pour le dimensionnement d'un poste de relèvement sont les suivants :

- débit maximum à relever ;
- volume utile de la bache de relèvement ;
- hauteur manométrique totale (HMT) ;

- puissance de la pompe ;
- courbe caractéristique et point de fonctionnement.

4.1 Volume utile de la bêche de relèvement

Le volume utile de la bêche est donné par la formule suivante :

$$V_u = \frac{Q}{4fn}$$

avec	V_u	volume utile de la bêche (volume constitué entre les niveaux bas et hauts d'enclenchement de la pompe),
	Q	débit maximum à pomper (en m ³ /h),
	n	nombre de démarrages ou d'enclenchement à l'heure,
	f	4 pour $P > 30$ Kw, $f = 6$ pour $P < 15$ Kw, $f = 8$ pour $P < 8$ Kw et $f = 10$ pour $P < 4$ Kw.

Le volume utile de marnage est le volume compris entre le niveau haut de démarrage de la pompe et le niveau bas d'arrêt. Il peut être calculé par la formule suivante :

$$V = \frac{Q \left(\frac{1}{n} \right)}{4(N-1)}$$

avec	n	nombre maxi de démarrages par heures,
	N	nombre de pompes identiques.

4.2 Hauteur manométrique totale

La hauteur manométrique totale (HMT) s'obtient par la formule :

$$HMT = H_{géo} + \sum Pdc$$

avec	$H_{géo}$	hauteur géométrique = ΔH = cote d'arrivée - cote moyenne de départ,
	$\sum Pdc$	pertes de charges totales, $\frac{V^2}{2g}$
	$\sum Pdc = Pdc_L + \sum Pdc_S = Pdc_L + \sum k_i \frac{V^2}{2g}$	
avec	Pdc_L	pertes de charges linéaires, $J \times L$ avec L longueur de la conduite et J perte de charge (en mm/m ou m/m),
	Pdc_S	pertes de charges singulières (coudes, vannes, clapet, entrées et sorties de l'eau),
	V	vitesse dans la conduite (en m/s),
	g	constante d'accélération = 9,81 m ⁻² /s.

Pertes de charges singulières

Valeurs de K_i :

entrée dans la conduite.....	$K = 0,5$;
- sortie de la conduite.....	$K = 1$;
- coude à 90°	$K = 1,5$;
- coude à 75°	$K = 1$;
- coude à 45°	$K = 0,5$;
- coude à 22,5°	$K = 0,17$;
- vanne	$K = 0,5$;
- clapet anti-retour.....	$K = 0,8$;
- Té de raccordement.....	$K = 1,5$.

Pertes de charges linéaires

Formule de Colebrook :

$$J = \frac{\lambda}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (\text{en m/m})$$

$$\Delta H = \frac{\lambda}{D} \times \frac{V^2}{2g} \times L \quad (\text{en m/m})$$

avec	ΔH	perte de charge par frottement (pour les conduites pleines) (en m),
	D	diamètre de la canalisation (en m),
	V	vitesse du fluide dans la canalisation (en m/s),
	g	constante gravitationnelle = 9,81 m/s ⁻² ,
	L	longueur de conduite (en m),
	λ	coefficient de perte de charge.

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[\log_{10} \left(\frac{K}{3,7D} + \frac{5,74}{R_e} \right) \right]^2}$$

avec λ coefficient de perte de charge suivant le diagramme de Moody, fonction du nombre de Reynolds et de la rugosité relative K_s/D

$K_s = \varepsilon$ rugosité,

$K_s/D = \varepsilon/D$ rugosité relative.

On a :

- $K_s = 0,1 \times 10^{-3}$ m pour une conduite en inox ou polypropylène ;
- $K_s = 0,15 \times 10^{-3}$ m pour une conduite en acier galvanisé ;
- $K_s = 0,20 \times 10^{-3}$ m pour une conduite en fonte.

$R_e =$ nombre de Reynolds.

$$R_e = V \frac{D}{\nu}$$

avec	ν	viscosité cinématique = 1,31 x 10 ⁻⁶ (en m ² /s pour l'eau à 10 °C),
	V	vitesse (en m/s),
	D	diamètre (en m).

L'abaque (diagramme de Moody) de la figure 3 et du tableau 3 permet de visualiser les relations entre λ , R_e et K/D . Ce diagramme de Moody permet de déterminer le coefficient de perte de charge à partir du nombre de Reynolds et de la rugosité de la conduite.

Autres formules

En régime turbulent au cas où : $R_e > 4 000$, on utilise la formule de Nikuradse

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,74 + 2 \log_{10} \frac{D}{2\varepsilon} \quad \text{formule en logarithme décimal}$$

En logarithme népérien, ou naturel, la formule s'écrit :

$$\frac{1}{\lambda} = 0,7544 \ln^2 \frac{\pi D}{0,8476\varepsilon}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{3}{4} \ln^2 \frac{\pi D}{0,85\varepsilon}$$

$$Q^2 = \frac{H}{L} \left(\frac{3}{32} g \pi^2 \right) D^5 \ln^2 \frac{\pi D}{0,85\varepsilon}$$

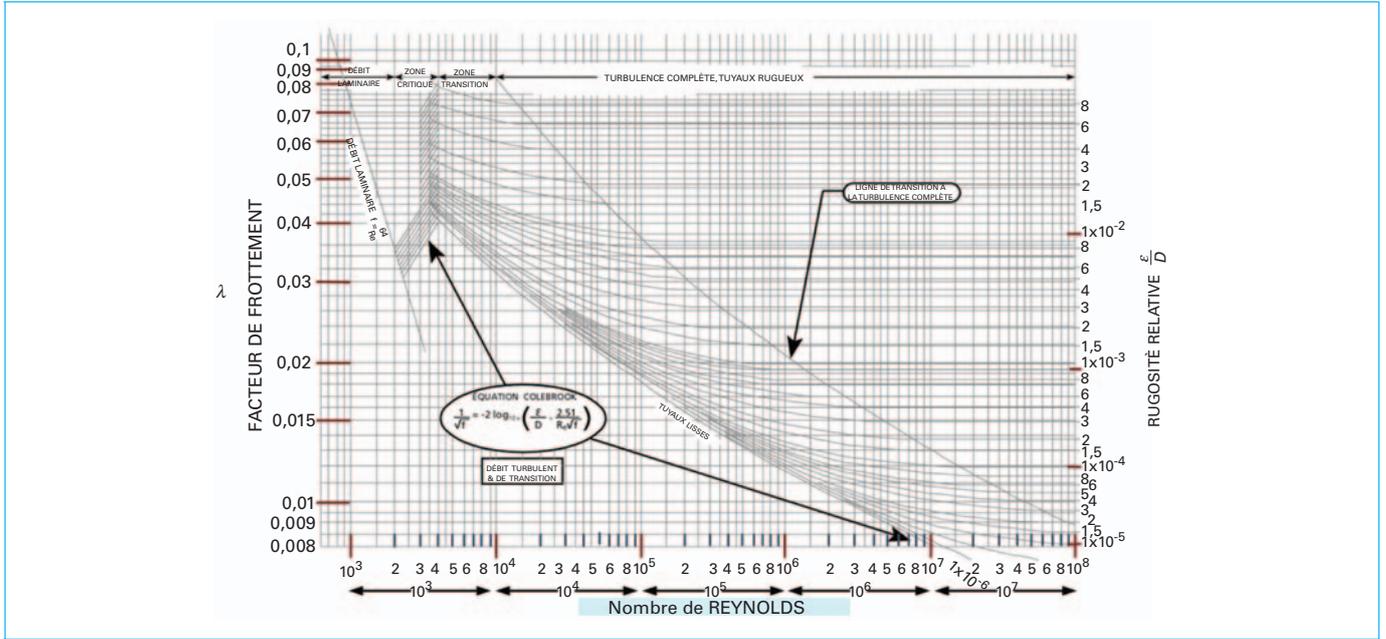


Figure 3 – Exemple de diagramme de Moody

Tableau 3 – Relations entre divers coefficients de perte de charge et de rugosité		
Diamètre (en m)	Coefficient λ / D pour une rugosité égale à :	
	$K = 1 \text{ mm}$	$K = 2 \text{ mm}$
0,050	0,985	1,300
0,080	0,512	0,660
0,100	0,380	0,490
0,125	0,284	0,360
0,150	0,223	0,280
0,200	0,153	0,190
0,250	0,114	0,141
0,300	0,090	0,110
0,350	0,0735	0,090
0,400	0,0625	0,0758
0,450	0,0538	0,0650
0,500	0,047	0,0566
0,600	0,0371	0,0477
0,700	0,0307	0,0368
0,800	0,0260	0,0310

- En régime laminaire au cas où $2\,000 < Re$ on utilise la formule de Poiseuille :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{4Q}{64\pi Dv} \quad \text{ou} \quad \lambda = \frac{64}{Re}$$

$$Q = \frac{H}{L} \left(\frac{\pi g}{128} \right) \frac{D^4}{v}$$

- En régime intermédiaire au cas où $2\,000 < Re < 4\,000$ on utilise la formule de Blasius :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{Re}{0,3164} = \left(\frac{4Q}{\pi Dv} \right)^4 \frac{1}{0,3164}$$

$$Q^{\frac{7}{4}} = \frac{H}{L} = 40,63 \frac{D^4}{v^{\frac{1}{4}}}$$

La perte de charge est indépendante de la rugosité en écoulement laminaire et intermédiaire (de transition).

- Formule de Lechapt et Calmon

La formule générale se présente sous la forme :

$$J = \frac{LQ^M}{D^N}$$

- avec Q (en m^3/s),
 D (en m),
 J (en mm/m).

Pour $K = 2 \text{ mm} \Rightarrow L = 1,863 ; M = 2 ; N = 5,33 ;$
 Pour $K = 1 \text{ mm} \Rightarrow L = 1,801 ; M = 1,975 ; N = 5,25.$

4.3 Puissance de la pompe

4.3.1 Puissance sur arbre moteur

La puissance sur arbre moteur est donnée par la formule suivante :

$$P_{\text{arbre}} = HMT g \frac{Q}{\eta_{\text{pompe}}}$$

avec	P	puissance absorbée sur arbre moteur (en Kw),
	g	constante gravitationnelle = 9,81 m/s ⁻² ,
	HMT	hauteur manométrique totale (en m),
	Q	débit véhiculé en (m ³ /s),
	η_{pompe}	rendement total de la pompe (hydraulique et électrique).

4.3.2 Puissance absorbée aux bornes moteur

La puissance absorbée aux bornes du moteur est donnée par la formule suivante :

$$P_{\text{borne}} = HMT g \frac{Q}{\eta_{\text{pompe}} \times \eta_{\text{moteur}}}$$

avec	P	puissance absorbée aux bornes moteur (en Kw),
	g	constante gravitationnelle = 9,81 m/s ⁻² ,
	HMT	hauteur manométrique totale (en m),
	Q	débit véhiculé (en m ³ /s),
	η_{pompe}	rendement hydraulique de la pompe (de l'ordre de 0,6),
	η_{moteur}	rendement moteur (de l'ordre de 0,85),
	$\eta_{\text{électro-pompe}}$	rendement total du groupe électro-pompe (de l'ordre de 0,6 x 0,85 = 0,5 à 0,55).

Remarque

$$P_{\text{borne}} = \frac{P_{\text{arbre}}}{\eta_{\text{moteur}}}$$

4.4 Intensité électrique absorbée aux bornes du moteur

L'intensité électrique absorbée aux bornes du moteur est donnée par la formule suivante :

$$I = \frac{P_{\text{abs}} 1000}{U \sqrt{3} \cos \varphi}$$

avec	P_{abs}	puissance absorbée aux bornes (en Kw),
	U	tension (en volt),
	$\cos \varphi$	suivant l'installation et la qualité de l'installation électrique (par défaut, on peut prendre 0,85).

Remarque

$$S = \text{Puissance apparente nécessaire} = S = \frac{P_{\text{abs}}}{\cos \varphi}$$

5. Filières de prétraitement

5.1 Dégrilleur

5.1.1 Principe général

Le dégrillage est l'opération destinée à retenir l'ensemble des matières volumineuses et des déchets qui peuvent être contenus dans les eaux usées. Le dégrilleur est situé en amont d'une station de traitement des eaux usées. Le dégrillage peut-être plus ou moins efficace selon l'écartement entre les barreaux de la grille. Un bon dimensionnement est donc nécessaire.

Divers modèles de dégrilleur sont donnés aux figures 4, 5 et 6.

5.1.2 Bases de dimensionnement

La vitesse des eaux usées passant au travers du dégrillage doit être comprise entre 0,3 et 0,6 m/s. Pour le dimensionnement, on prendra une vitesse de 0,6 m/s pour le débit maximum des eaux usées provenant d'un réseau séparatif, et 1,2 m/s si le réseau reçoit en plus des eaux pluviales (réseau unitaire).

La vitesse maximale admissible dans le canal d'arrivée en amont immédiat du dégrilleur sera prise égale à 1,2 m/s.

On utilise la formule suivante pour le dimensionnement du dégrilleur :

$$S = \frac{Q}{VQC}$$

avec	S	surface mini de la grille (en m ²),
	V	vitesse de l'influent dans le caniveau,
	t	tirant d'eau maxi en amont de la grille,
	C	coefficient de colmatage (0,10 à 0,30 pour une grille manuelle et 0,40 à 0,50 pour une grille automatique),
	l	largeur minimum de la grille.
	$O =$	$\frac{\text{Espace libre entre barreau}}{\text{Espace libre entre barreau} + \text{Épaisseur des barreaux}}$

Pour compléter le dimensionnement du dégrillage, nous utilisons la figure 7.

La largeur l de la grille est ensuite estimée par la relation :

$$l = \frac{S}{L_0} = \frac{Q}{0,18 t} 0,44 = \frac{Q 2,5}{t} \text{ (en m)}$$

5.2 Dessableur

5.2.1 Principe

Cette étape a pour but d'enlever le sable et les graviers.

On utilise le principe de décantation des solides minéraux ($d = 2,65$) en se gardant de décanter les matières organiques ($d = 1,2$).

On maintient la vitesse de l'effluent entre 0,3 et 0,6 m/s. L'idée est de faire varier le débit pour faire varier la vitesse des grains de sable.

On voit ici l'utilité d'un poste de relèvement en entrée de station qui permet de contrôler le débit.

Il existe deux grands types de dessableur :

- longitudinal (figure 8) ;
- circulaire (figure 9).

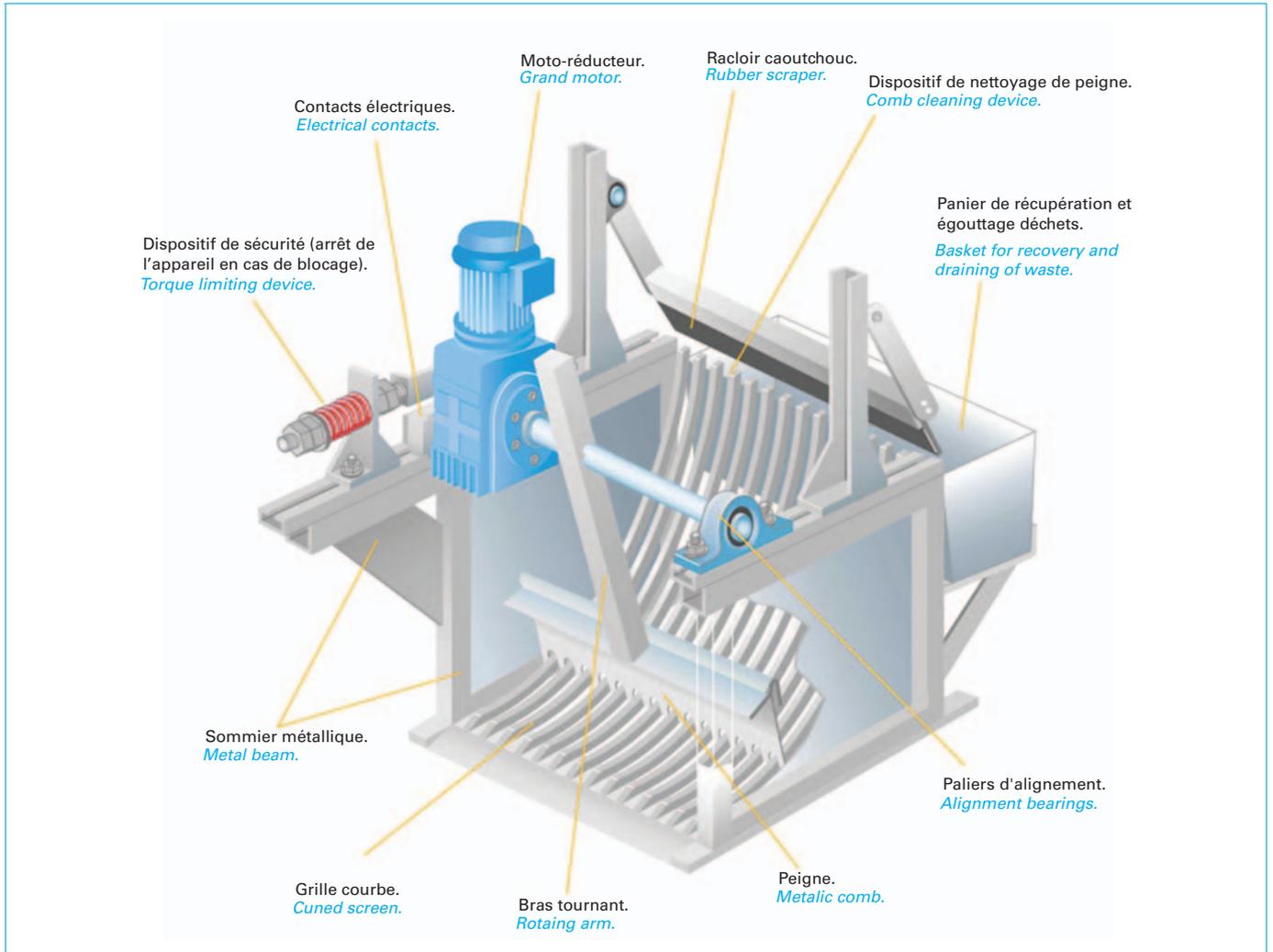


Figure 4 – Dégrielleur courbe (Crédit Europelec)

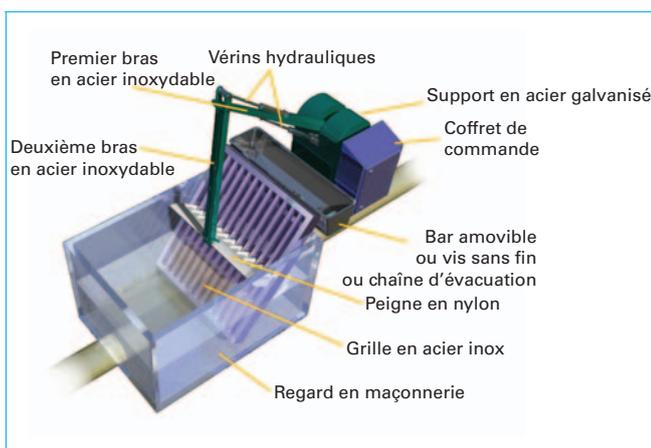


Figure 5 – Dégrielleur à vérins (Crédit Ergolev)



Figure 6 – Dégrielleur incliné (Crédit Eau-Claire)

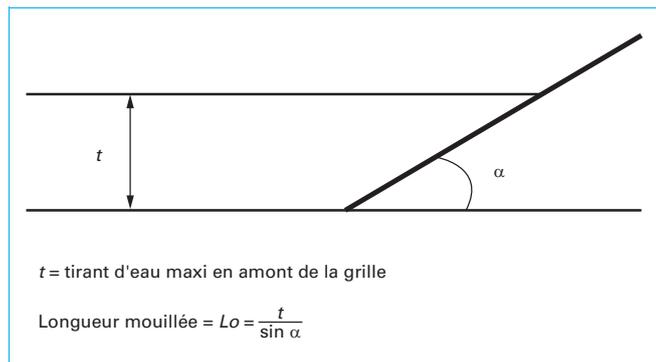


Figure 7 – Schéma de dimensionnement du dégrillage



Figure 8 – Dessableur longitudinal (Crédit Direct Industry)

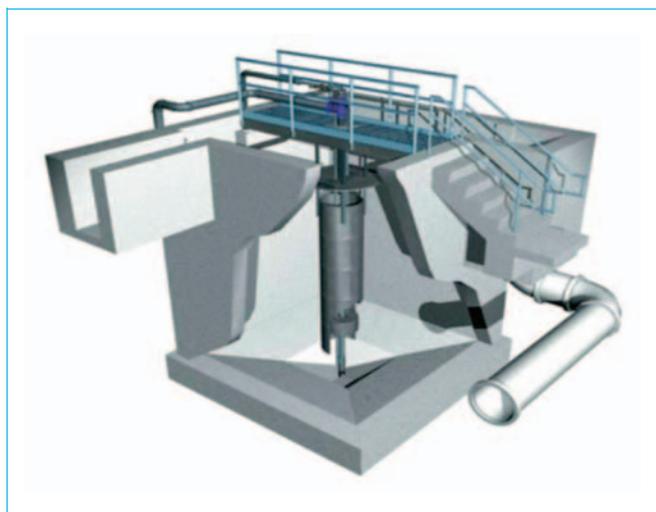


Figure 9 – Dessableur circulaire (Crédit Direct Industry)

5.2.2 Dimensionnement

Pour dimensionner un dessableur, on utilise la relation suivante :

$$\text{Charge hydraulique} = Q/S_h$$

avec Q débit traversier,
 S_h surface horizontale.

Quand le niveau du dépôt atteint la moitié de la hauteur du canal, on met l'autre en service, on le ferme et on le nettoie. Dans les dessableurs tangentiels, les sables sont extraits par pompe, éjecteur ou gravité.

5.3 Fosse septique eaux grises et eaux vannes (toutes eaux)

5.3.1 Principe

La fosse septique toutes eaux permet un traitement préliminaire et non un traitement (figure 10). Elle assure deux fonctions :

- une **fonction physique** : la fosse septique toutes eaux assure la rétention des matières solides. En sortie de fosse, l'effluent est totalement liquide, évitant ainsi le colmatage de la filière à l'aval. Il s'agit d'une séparation gravitaire des particules solides entre flottation (formation d'un chapeau de graisses) et sédimentation (formation d'un lit de boues) ;
- une **fonction biologique** : la digestion anaérobie assure la liquéfaction des matières solides retenues dans la fosse, ce qui s'accompagne d'une production de gaz.

La décantation, suivie d'une solubilisation de la matière solide, protège les systèmes de traitement en aval du colmatage quand il s'agit de cultures fixées :

- lit bactérien ;
- disque biologique ;
- filière de traitement par sol naturel ou reconstitué ;
- filtres plantés à flux horizontal.

Remarques

- Une **fosse toutes eaux** reçoit l'ensemble des eaux vannes et ménagères (cuisine, lavage). On lui préfère alors l'appellation de fosse septique toutes eaux. Les eaux pluviales y sont proscrites dans les deux cas, car elles subissent de trop grandes variations de débit qui provoqueraient le dysfonctionnement de l'installation.

- Les **filtres plantés à flux vertical** ne doivent en aucun cas être précédés d'une fosse septique toutes eaux ou d'un décanteur-digester. Ces installations sont conçues pour recevoir un effluent qui n'a pas subi de traitement mettant en jeu une phase de digestion anaérobie.

5.3.2 Conception et dimensionnement

Le dimensionnement hydraulique doit être de trois jours de temps de séjour. Seul un tel temps de séjour permet un traitement préliminaire suffisant.

Afin de limiter les turbulences à l'entrée de la fosse, la mise en place d'un déflecteur est nécessaire.

Pour empêcher le départ des flottants, une sortie siphonée doit être installée à l'aval.

Remarque

Il est important de définir la surface de décantation à partir d'une vitesse ascensionnelle limite de 0,8 m/h minimum. Il est recommandé de prendre une vitesse ascensionnelle de 1,5 m/h.

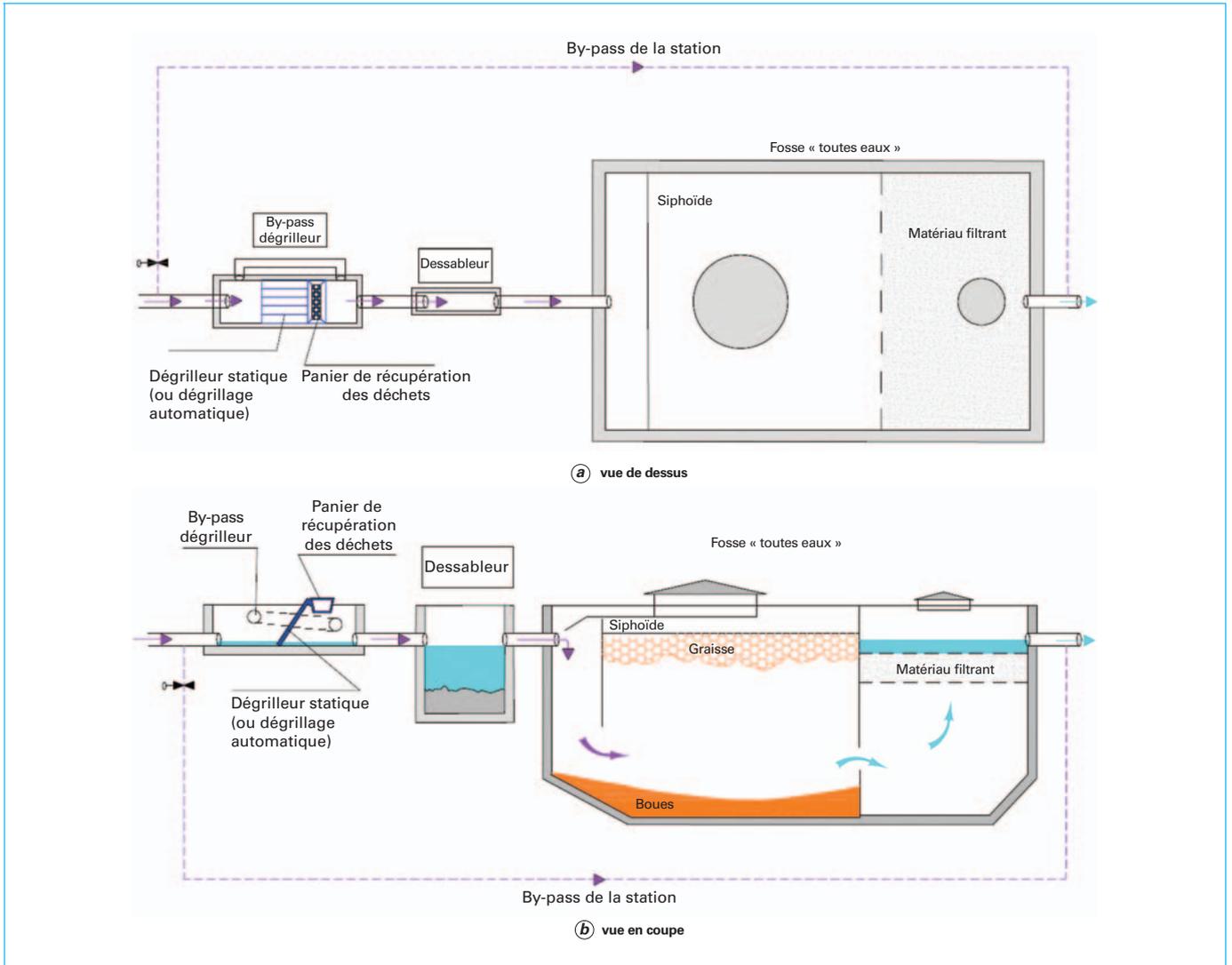


Figure 10 - Fosse septique toutes eaux - Schéma synoptique détaillé (Crédit Agence de l'Eau Rhin-Meuse - 2007)

Pour les produits manufacturés, les prescriptions sur leur tenue mécanique (essais ou note de calcul) définies au niveau européen, ou américain, ou de tout pays ayant mis en place un système de normalisation équivalent peuvent être utilisées.

L'utilisation d'une unique fosse septique pour le prétraitement est préférable à l'utilisation de plusieurs fosses. Cependant, pour des raisons de taille de l'installation, un agencement en parallèle peut être réalisé. La configuration en série doit, elle, être évitée. En cas d'installation de deux fosses en parallèle, un poste de relèvement doit être placé en amont, de manière à établir une séparation équilibrée des flux [2].

5.3.3 Pratiques de dimensionnement en France

Le tableau 4 donne les pratiques de dimensionnement courantes en France pour une fosse toutes eaux utilisés en assainissement collectif (petites collectivités).

On observe un volume utile de 450 L x nombre d'équivalents-habitants.

Tableau 4 - Bases de dimensionnement d'une fosse toutes eaux (d'après Agence de l'Eau Rhin-Meuse AERM - 2007)

Paramètres	Unités	Valeur standard (bibliographie)	Valeur préconisée par AERM
Vitesse ascensionnelle	m/h	0,8	1,5
Temps de séjour	jour	2 à 3	2 à 3
Volume utile	L/ eq. - hab.	450	450
Surface utile	m ² / eq. - hab.	0,225	0,225

5.3.4 Autres méthodes pratiques de dimensionnement

Plusieurs méthodes sont utilisées de par le monde pour déterminer la capacité d'une fosse septique installée à la sortie des maisons résidentielles ou des établissements publics.

Nous nous limiterons aux principales et plus répandues définies ci-après.

5.3.4.1 Méthodes canadiennes

On fait le calcul à partir du débit mesuré ou estimé. On ne tient pas compte du volume de stockage des boues si l'on présume que les fosses seront bien entretenues. Si toutefois on présume que la fosse sera mal entretenue, il est préférable d'ajouter à la capacité de la fosse un volume de stockage des boues. On calcule ce volume de la façon suivante : volume de stockage des boues (2 ans) = surface de la fosse x 0,3.

■ **Pour des débits quotidiens** $1\ 900 < Q < 5\ 700$ L, le volume utile V_u est obtenu par la formule suivante :

$$V_u = 1,5 Q_{mj}$$

avec Q (L/j) = $N \times Q_{mj}$,
 N nombre d'usagers,
 Q_{mj} débit des eaux usées mesuré ou estimé (en L/p/j).

■ **Pour des débits quotidiens** $5\ 700 < Q < 34\ 200$ L, le volume utile V_u est obtenu par la formule suivante :

$$V_u = 4\ 300 + 0,75 Q_{mj}$$

■ **Pour des débits quotidiens** $Q > 34\ 200$ L. Ici, beaucoup considèrent que les fosses imhoff ou les décanteurs sont plus satisfaisants que les fosses septiques, ou il faut adopter plusieurs fosses septiques.

5.3.4.2 Méthode préconisée par la Banque Mondiale

La capacité doit être égale à 3 fois le débit journalier des eaux usées.

Le volume utile V_u est obtenu par la formule suivante :

$$V_u = 3 P R Q_{mj}$$

avec V_u volume utile de la fosse,
 P nombre de personnes utilisant la fosse,
 R temps de rétention (minimum 1 jour),
 Q volume d'eaux usées par personne par jour (L/p/j).

5.3.4.3 Dimensionnement d'une fosse septique « toutes eaux »

La capacité utile C_u d'une fosse septique « toutes eaux » dépend de plusieurs paramètres dont :

- le **nombre d'usagers** « U » ou, de préférence, la capacité d'accueil de la maison (nombre de chambres). En effet, une grande habitation peut être construite pour une famille réduite puis occupée par une famille importante, la fosse septique mise en place étant toujours la même ;
- le **taux d'accumulation** « A » des boues : on peut estimer en moyenne de 0,18 à 0,30 litre/usager/jour le volume occupé par les boues ;
- la **fréquence de vidange** « V » : elle est directement liée à la production des boues, à leur temps de séjour (minimum 2 ans) et à l'encombrement maximum de la profondeur utile de la fosse (pas plus de 50 % de la hauteur d'eau).

La formule suivante est applicable :

$$C_u = 2 \cdot U \cdot A \cdot V$$

5.3.4.4 Méthode britannique

La formule suivante est applicable :

$$V_u = 180 P + 2\ 000$$

avec V_u volume utile de la fosse (litres),
 P nombre d'usagers.

5.3.5 Éléments constitutifs

Une ventilation des gaz de fermentation est nécessaire pour décompresser le système, et surtout, pour limiter la dégradation des matériaux sensibles à la corrosion (béton, acier...). Cette ventilation, constituée d'une entrée et d'une sortie (avec extracteur mécanique), doit être localisée aux deux extrémités du système de prétraitement : entrée de la fosse, et en aval du préfiltre si celui-ci est en béton (cependant, dans la plupart des modèles de fosses toutes eaux, le préfiltre est maintenant intégré à la fosse). Le système de ventilation devra permettre un écoulement libre de l'air au sein des ouvrages. Pour les dispositifs en matériaux de synthèse, une ventilation sur la fosse sera aussi mise en place de manière à équilibrer les pressions. Tous les ouvrages doivent être fabriqués avec un matériau ayant une bonne résistance à la corrosion. On peut notamment avoir recours à des matériaux composites, à des polymères... Si on utilise du béton armé, qui est un matériau sensible à la corrosion, il est nécessaire de recourir à un revêtement protecteur (peinture anti-corrosion...).

Le préfiltre a pour rôle de limiter les conséquences d'un relargage accidentel des matières en suspension en quantité importante suite à un dysfonctionnement hydraulique. Il présente également l'intérêt d'éviter le départ de particules isolées de densité proche de un, susceptibles d'obturer les orifices situés en aval. Il doit pouvoir être nettoyé sans occasionner de départ de boues vers le massif filtrant. Il doit impérativement être facile d'accès.

Les eaux usées à traiter doivent être d'origine domestique et provenir d'un réseau séparatif. Tout raccordement à un autre type de réseau (eaux pluviales, usées industrielles) est formellement interdit.

De même, aucun macro-déchet ne doit aboutir à une fosse septique toutes eaux.

L'alimentation de la fosse doit être réalisée préférentiellement de manière gravitaire (avec une faible pente du réseau amont) [2].

5.3.6 Sous-produits

Les boues extraites doivent être considérées comme des matières de vidange à traiter en station d'épuration (voir [C 3 845]).

5.3.7 Avantages et inconvénients

- Les **limites** de la fosse septique toutes eaux sont les suivantes :
 - ce n'est pas une filière de traitement complète. Elle doit être associée obligatoirement à une culture fixée sur supports fins ;
 - il existe un risque d'odeurs ;
 - l'effluent présente un caractère septique ;
 - le devenir des matières de vidange peut être difficile à gérer.
- Ses **avantages** sont les suivants :
 - fréquence des vidanges espacée (une fois tous les trois ans) ;
 - exploitation aisée ;
 - procédé adapté aux très petites communautés [2].

5.3.8 Exploitation

Les principaux dysfonctionnements des fosses septiques toutes eaux observés, leurs causes et les solutions sont présentés au tableau 5.

Tableau 5 – Fosse septique toutes eaux – Dysfonctionnements, causes et solutions
(source : Agence de l'Eau Rhin-Meuse – 2007)

Dysfonctionnements	Causes	Solutions
Perte de qualité de l'effluent de sortie	Fosse remplie	Extraire les boues
Présence de matières en suspension dans l'effluent de sortie	Fosse remplie	Éliminer les eaux claires parasites
	Surcharge hydraulique	Limiter efficacement le débit admissible
	Courts-circuits hydrauliques	Rétablir le circuit hydraulique d'origine
Odeurs	Ventilation inefficace	<ul style="list-style-type: none"> • Installer une ventilation forcée plus performante • Installer des cartouches de charbon actif pour traiter l'air vicié
	Dégraissage inefficace	Déplacer ou allonger la cloison siphonée
Si la fosse est utilisée comme traitement primaire : enrobage du support bactérien de l'étage de traitement secondaire	Extractions des graisses trop espacées	Vérifier les caractéristiques de l'influent (température, pH, etc.)
		Augmenter la fréquence des extractions

5.4 Décanteurs

5.4.1 Principe

La décantation se distingue du dessablage en ce sens qu'elle enlève plus de la moitié des matières en suspension. Le dessablage, lui, ne vise que l'élimination du sable et des autres matières minérales (plus lourdes que les matières organiques).

Les décanteurs possèdent des formes variées : la plus fréquemment rencontrée est la forme cylindroconique. Un décanteur de cette forme correspond à un optimum d'utilisation des volumes disponibles. Cependant, un décanteur de section rectangulaire permet de réduire sensiblement la hauteur de l'ouvrage, et donc, les volumes morts par rapport à un décanteur de section cylindrique (figure 11).

5.4.2 Méthodes de dimensionnement pratique

5.4.2.1 Décanteur idéal de Hazen – Dimensionnement

Ce décanteur est dit « idéal » au sens où il respecte les hypothèses suivantes :

- les particules sont sphériques ;
- les particules sont indépendantes et tombent à v_0 ;
- pas de floculations, pas de turbulence, ni de courants – l'écoulement est laminaire (surtout en entrée du décanteur) ;
- pas de remise en suspension.

Soit h la hauteur du bassin, l sa largeur, L sa longueur et Q le débit. Pour être séparée, la particule de sable doit traverser h en T_s où T_s est le temps de séjour sachant que :

$$Q = V/T_s = (hL)/T_s \text{ et que } v_0 = h/T_s, \text{ alors } h/T_s = hQ/hL \\ = Q/hL = \text{Débit traversier projeté.}$$

On reconnaît la charge superficielle ou vitesse ascensionnelle.

On détermine la surface au miroir en m (S_m) grâce à la charge superficielle (en mh^{-1})

$$v_{cs} = q_{ps} (24 S_m)$$

On choisit une vitesse de chute des particules V de X (en m/s), on peut alors déterminer la section S du canal :

$$S = Q / (24 \times 3600 V)$$

On choisit une largeur $l < X$ (en cm) et on obtient le tirant d'eau :

$$y = S/l$$



Figure 11 – Décanteur rectangulaire avec racleur en « va-et-vient »
(Crédit Sereco)

On obtient également la longueur minimale, car $L_{\min} = S_m/l$.

Étant le résultat d'un modèle idéal, il est à noter qu'il faut multiplier la longueur trouvée par 1,5 ou 2 pour tenir compte du régime turbulent et des trajectoires curvilignes des particules. Il ne faut pas oublier de calculer un volume de stockage des particules en fonction des habitants desservis.

5.4.2.2 Dimensionnement des ouvrages de décantation classiques

Le paramètre de dimensionnement pour les ouvrages de décantation classiques est essentiellement la vitesse ascensionnelle, notée v . Les particules dont la vitesse de sédimentation est supérieure à la vitesse ascendante sont retenues.

En pratique courante, v est comprise entre 1 et 2 m/h sur la pointe de débit Q de temps sec (hors période de pluie) ou le débit maximum des eaux usées (en séparatif). À partir de cette vitesse ascensionnelle, la surface S des bassins est déterminée par :

$$S = \frac{Q}{v}$$

avec Q débit maximum des eaux usées (en séparatif) ou pointe débit de temps sec (en unitaire),
 S surface des bassins,
 v vitesse ascensionnelle.

Pour avoir une bonne qualité d'eau décantée, une sédimentation efficace et un épaissement correct des boues, différentes zones horizontales de l'ouvrage sont déterminées :

- zone d'eau claire ;
- zone de sédimentation ;
- zone d'épaississement.

La zone d'eau claire est comprise entre 0,5 et 1 m de haut, la zone de sédimentation entre 1,5 et 2,5 m, et enfin la zone d'épaississement entre 0,5 et 1,5 m.

Il existe de nombreux types de décanteurs classiques qui se distinguent, d'une part, d'après le sens d'écoulement des eaux et, d'autre part, d'après les dispositions adoptées pour l'évacuation des boues :

- **décanteur horizontal** avec raclage des boues (figure 12) ;
- **décanteur cylindro-conique** ordinaire (figure 13) ;
- **décanteur circulaire** avec raclage des boues (figure 14).

Le raclage s'effectue au moyen d'un pont racleur qui entraîne une ou plusieurs lames poussant les boues vers une ou plusieurs trémies.

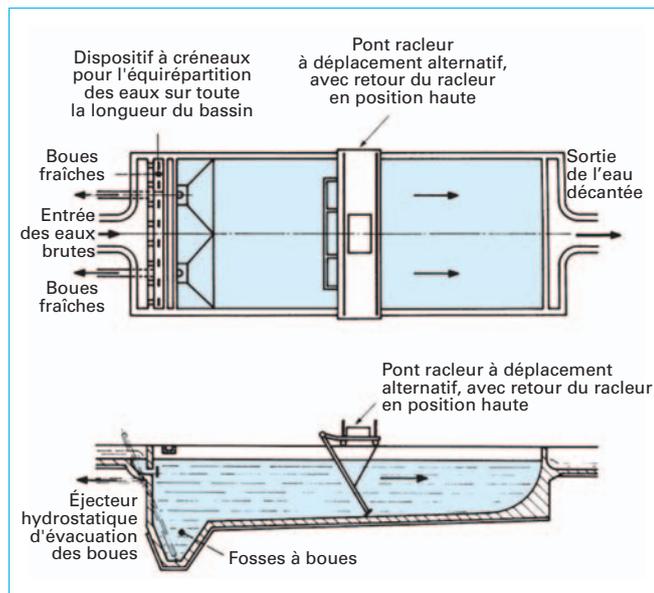


Figure 12 – Décanteur horizontal avec raclage des boues

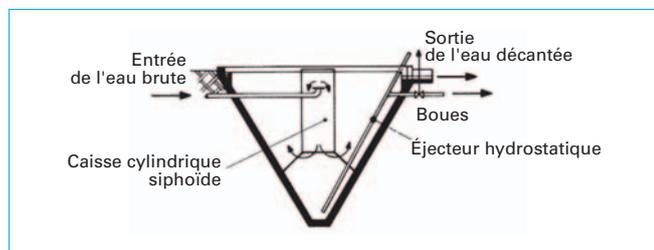


Figure 13 – Décanteur cylindro-conique ordinaire

5.4.2.3 Dimensionnement des ouvrages de décantation lamellaires

De conception plus moderne, les décanteurs lamellaires reposent sur le fait que la seule grandeur fondamentale est la surface horizontale S_h de l'ouvrage (figure 15). En effet, la capture d'une particule s'effectue si sa vitesse de décantation est supérieure à la vitesse de Hazen (ou charge hydraulique superficielle) :

$$V_h = \frac{Q}{S_h}$$

avec V_h vitesse de Hazen (ou charge hydraulique superficielle) (en m/h),
 Q débit maximum des eaux usées (en séparatif) ou pointe débit de temps sec (en unitaire),
 S_h surface horizontale S_h de l'ouvrage.

La rétention d'une particule est donc théoriquement indépendante de la hauteur de l'ouvrage. Le principe de la décantation lamellaire consiste à utiliser des plaques proches les unes des autres pour accroître la surface de décantation disponible par volume d'ouvrage. Afin d'assurer l'évacuation des boues, les plaques sont inclinées d'un angle α par rapport à l'horizontale. La surface disponible pour la décantation correspond alors à la surface totale projetée STP sur l'horizontale de l'ensemble des plaques :

$$STP = nS_p \cos \alpha$$

avec N nombre de plaques,
 S_p surface unitaire de chaque plaque (en m²),
 α angle d'inclinaison des plaques par rapport à l'horizontale. Selon le modèle des lamelles, α est de 55° ou 60°.

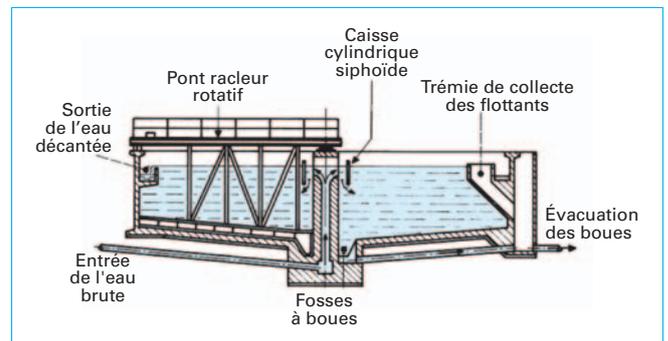


Figure 14 – Décanteur circulaire avec raclage des boues

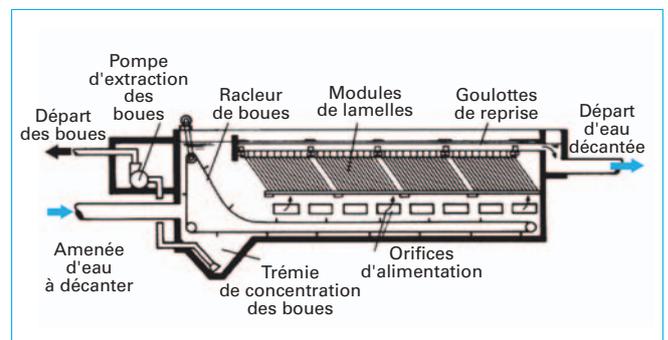


Figure 15 – Décanteur lamellaire à contre-courant

On peut écrire la formule suivante concernant v_h :

$$V_h = \frac{Q}{STP}$$

avec	v_h	vitesse de Hazen (ou charge hydraulique superficielle) (en m/h),
	STP	surface totale projetée sur l'horizontale de l'ensemble des plaques,
	Q	débit maximum des eaux usées (en séparatif) ou pointe débit de temps sec (en unitaire).

Les vitesses de Hazen utilisées pour les eaux usées urbaines sont comprises entre 0,8 et 1,2 m/h sur la pointe de débit de temps sec.

Différents procédés sont appliqués. Ils se distinguent par le sens de circulation de l'eau et de la boue. Le procédé le plus commun est à « contre-courant » où la boue et l'eau circulent en sens inverses (figure 15).

Le raclage des boues s'effectue au moyen d'un racleur de fond entraîné par des chaînes qui les ramènent vers une ou deux trémies.

Avec un décanteur classique ou lamellaire sur des eaux domestiques, le pourcentage de matières en suspension totales éliminées est de 50 à 65 %, celui de la DBO₅ éliminée est de 20 à 35 %.

5.5 Décanteur-digester

5.5.1 Principe

Les schémas de la figure 16 donnent un synoptique détaillé d'un décanteur.

Le décanteur-digester assure :

- le dépôt par simple séparation gravitaire des matières en suspension contenues dans les eaux usées qui ont été préalablement prétraitées (dégrillage et dessablage) ;
- la digestion anaérobie de la fraction organique de ces dépôts progressivement accumulés.

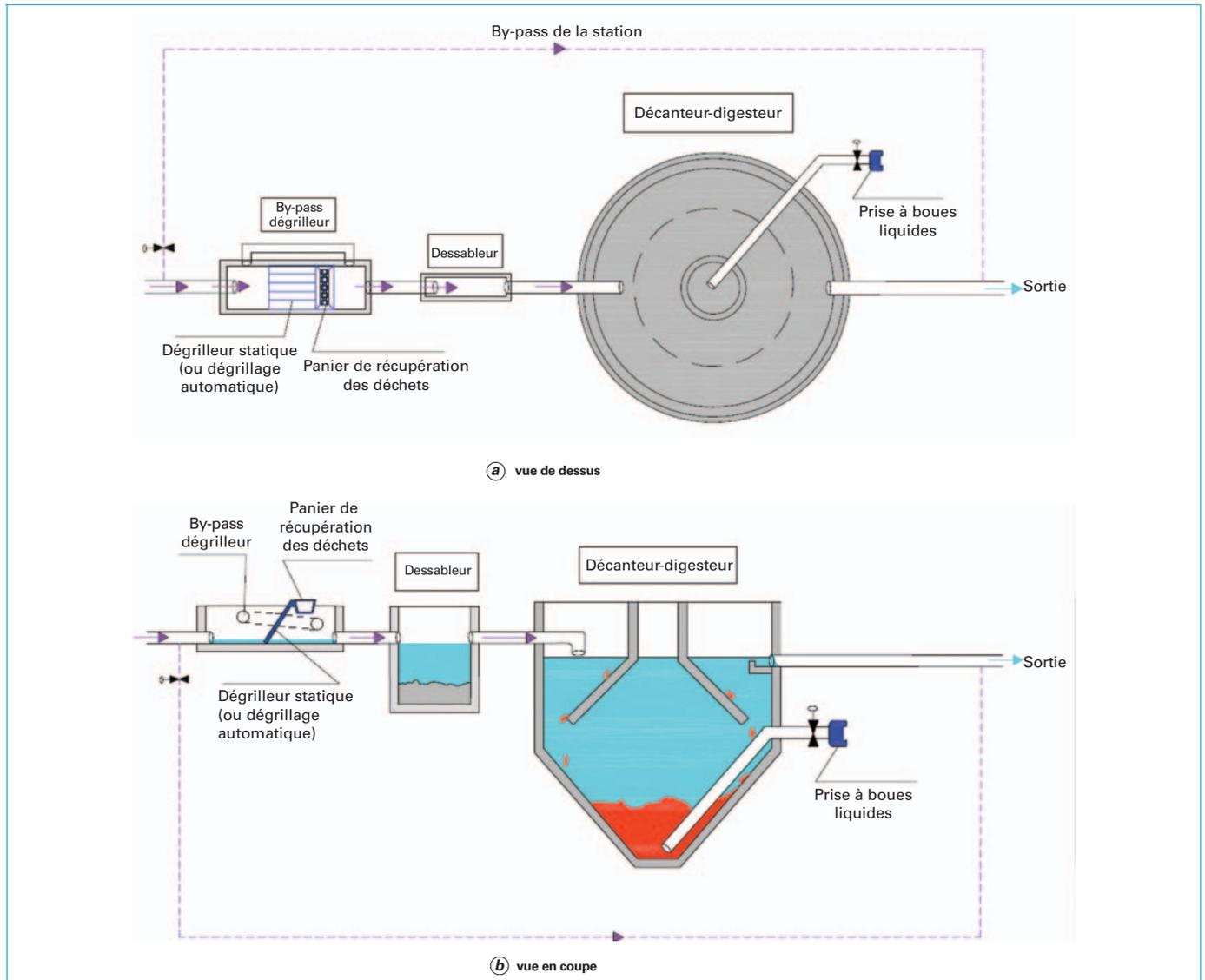


Figure 16 – Décanteur – digester – Schéma synoptique détaillé (Crédit Agence de l'Eau Rhin-Meuse – 2007)

Ces deux fonctions sont bien distinctes et ont lieu dans deux ouvrages physiquement séparés.

Dans la majorité des cas, ces deux ouvrages sont superposés afin de réduire le génie civil et l'équipement. On dénomme l'ensemble « décanteur-digesteur » ou « fosse IMHOFF » (figure 17).

Cet ouvrage est positionné à l'aval du dégrilleur et d'un dessableur.

Il n'est pas nécessaire d'installer un dégraisseur en cas de mise en place d'un décanteur-digesteur. En effet, ce dernier assure un rôle de dégraisseur équivalent à un ouvrage spécifique, s'il est équipé d'un dispositif d'écumage manuel des flottants.

La gestion de ces flottants doit être prévue.

Un stockage et ensachage direct des flottants et graisses en sac de toile de jute (biodégradable, ou pouvant être incinéré sans émissions nocives), peut constituer un bon compromis, puisqu'il permet aussi à ces matières de s'égoutter sur l'aire de stockage [2].

5.5.2 Performances attendues

Un décanteur digesteur permet la réduction des MES de 50 % et un abattement sur la matière organique carbonée exprimée en DBO_5 de l'ordre de 30 %.

Dans certains cas, le décanteur-digesteur seul peut être considéré comme suffisant pour assurer un traitement primaire compatible avec les objectifs de qualité imposés à des milieux naturels peu fragiles, et offrant une importante dilution permanente. Ce qui n'est absolument pas le cas des fosses toutes eaux qui, rappelons-le, n'assurent qu'un traitement préliminaire [2].

Cependant, le plus souvent, le décanteur est associé à une filière de traitement biologique.

5.5.3 Équipement n'assurant qu'un traitement primaire

Un décanteur-digesteur doit être systématiquement placé à l'amont des installations de traitement secondaire dans le cas de filières de type « cultures fixées ». L'ouvrage contribue à réduire le risque de colmatage, en minimisant l'apport de MES. Les cultures fixées sur supports fins sont particulièrement sensibles aux risques de colmatage.

Dans le cas des cultures fixées sur supports grossiers, à garnissage ordonné, les risques de colmatage des supports sont moindres.

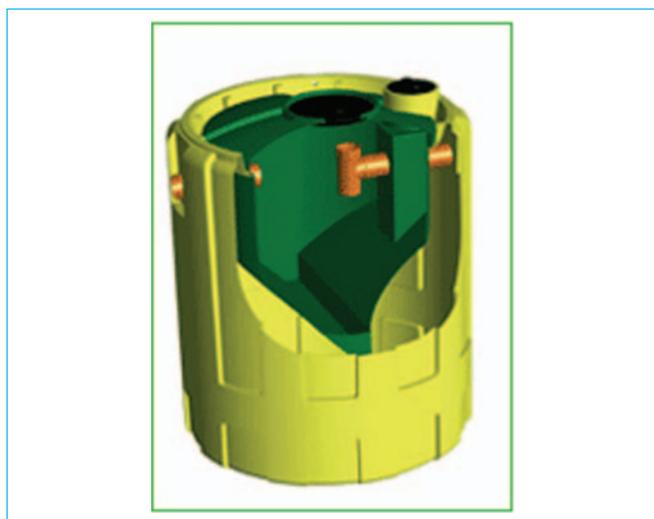


Figure 17 – Fosse IMHOFF – Vue en coupe (Crédit Centredile)

Cependant, une rétention de MES est, la plupart du temps, nécessaire afin d'éviter :

- le bouchage des systèmes de distribution (tourniquets ou « sprinklers ») pour les lits bactériens ;
- l'accumulation de dépôts dans les auges des disques biologiques.

Par ailleurs, le passage par un décanteur primaire entraîne une réduction non négligeable de 30 % du volume (pour les lits bactériens), ou de la surface (pour les disques biologiques) des matériaux servant de supports à la culture bactérienne. Ces procédés étant dimensionnés par rapport à la charge organique réellement apportée (source : FNDAE Document technique n° 22).

5.5.4 Dimensionnement des éléments constitutifs

Les deux ouvrages, décanteur et digesteur, disposent de bases de dimensionnement spécifiques.

■ Pour le décanteur statique, trois critères principaux entrent en ligne de compte, permettent d'obtenir la décantation souhaitée et d'éviter que l'effluent à traiter ne devienne trop septique :

- la vitesse ascensionnelle maximale ;
- le temps de séjour minimum. Ces deux valeurs limites sont calculées pour le débit de pointe ;
- la pente des parois est également importante pour que les boues ne s'accumulent pas en divers points de l'ouvrage.

■ Le dimensionnement du digesteur anaérobie repose sur la production de boues par équivalent-habitant et la fréquence de leur évacuation. La quantité de boues produites pendant une période de six mois dépend de leur origine. Il convient de préconiser deux dimensionnements :

- pour des boues primaires seules, cette production est évaluée, par semestre, à 90 L/eq. – hab. ;
- si le décanteur-digesteur traite aussi des boues secondaires (cas du lit bactérien et des disques biologiques), le volume atteint probablement, par semestre, 120 L/eq. – hab. (données constatées en Europe [2]).

■ Un décanteur-digesteur peut être dimensionné sur la base des préconisations suivantes (voir tableau 6) :

- vitesse ascensionnelle de décantation de 1,0 à 1,5 m/h ;
- temps de séjour dans le décanteur de 1 h 30 ;
- volume de digesteur égal à 1,0 voire 1,5 fois le volume journalier à traiter.

5.5.5 Sous-produits

La fréquence de vidanges communément retenue par an est de deux. Un stockage de six mois est la condition minimale pour obtenir à froid une stabilisation anaérobie suffisante. Il est possible d'augmenter la durée de stockage et de réduire la fréquence des évacuations.

Les services de la Dinepa s'assureront que l'évacuation des boues s'effectue bien selon le rythme préconisé lors du dimensionnement.

5.5.6 Décanteurs-digesteurs horizontaux : une « variante » interdite

Pour les petites collectivités, des « décanteurs-digesteurs de forme horizontale » (figure 18) sont parfois proposés. Dans la plupart des cas, les bases de dimensionnement n'apparaissent pas clairement. De plus, les deux zones de décantation et de digestion ne sont pas toujours physiquement indépendantes.

Dans ces conditions, la nature de l'effluent est forcément transformée sous l'influence de la digestion anaérobie des boues.

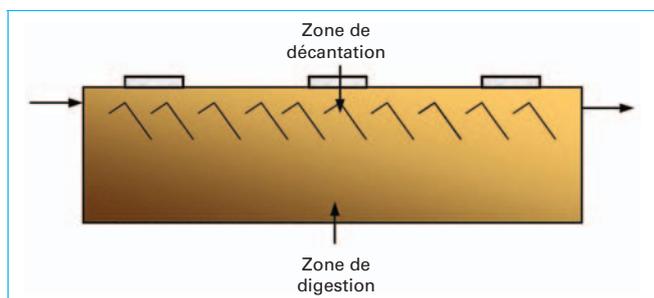
L'effluent issu d'un tel ouvrage est septique.

Le volume de stockage des boues n'étant pas délimité, il est impossible de préconiser la gestion des boues primaires la plus adaptée.

L'usage d'un tel décanteur peut donc conduire, par manque de connaissance des rythmes d'évacuation, à des incidents de fonctionnement graves des filières à l'aval, sujettes au colmatage [2].

Tableau 6 – Exemple de dimensionnement d'un décanteur digesteur
 (source : Agence de l'Eau Rhin-Meuse – 2007)

Paramètres	Unités	Valeur standard (bibliographie)	Valeur préconisée par AERM
Prétraitement			
Espacement barreaux dégrillage	cm	3	3
Décanteur-digesteur			
Vitesse ascensionnelle de décantation	m/h	1 à 1,5	1 à 1,5
Temps de séjour maximal	h	1,5 à 2	1,5 à 2
Volume utile du décanteur	L/ eq. – hab.	20 à 45	45
Pente du décanteur	°	> 55	> 55
Volume du digesteur	L/ eq. – hab.	10 à 150	150
Pente du digesteur	°	30	/


Figure 18 – Décanteurs-digesteurs de forme horizontale

Le terme de fosse septique n'est pas non plus approprié, puisque le dimensionnement ne permet pas un stockage prolongé pendant trois ans des boues décantées.

Le recours à cette variante est interdit.

5.5.7 Avantages et inconvénients

- Les **limites** du décanteur-digesteur sont les suivantes :
 - ouvrage de grande hauteur ;
 - peu esthétique ;
 - problème de génie civil : portance et proximité de la nappe ;
 - risque d'odeurs, en particulier si couplé à un lit bactérien ;

- en cas de sous-charges hydrauliques, adaptation moindre que la fosse toutes eaux ;
- en cas de fortes variations de population, prévoir des adaptations afin d'éviter les très forts risques d'odeur.

- Ses **avantages** sont les suivants :
 - l'effluent reste frais et ne devient pas septique ;
 - une bonne stabilisation des boues ;
 - un seul ouvrage pour assurer la décantation et la digestion des boues ;
 - l'exploitation est aisée [2].

5.5.8 Exploitation

Les principaux dysfonctionnements des décanteurs – digesteurs observés, leurs causes et les solutions sont présentés dans le tableau 7.

6. Conclusion

Ce premier article a abordé des concepts et des techniques qui sont communs à l'ensemble des stations d'épuration, qu'elles soient intensives ou extensives.

Pour voir en détail ces technologies, nous rappelons aux lecteurs de se reporter aux articles complémentaires C 5 222 et C 5 223.

Un glossaire indique par ailleurs ici la signification du vocabulaire en usage dans la profession.

Tableau 7 – Décanteurs – digesteurs : dysfonctionnements, causes et solutions
 (source : Agence de l'Eau Rhin-Meuse – 2007)

Dysfonctionnements	Causes	Solutions
Perte de qualité de l'effluent de sortie	Digesteur rempli	Extraire les boues
Présence de matières en suspension dans l'effluent de sortie	Digesteur rempli	Curer l'installation plus fréquemment
	Surcharge hydraulique	Éliminer les eaux claires parasites
	Courts-circuits hydrauliques	Limiter efficacement le débit admissible
Odeurs	Ventilation inefficace	Rétablir le circuit hydraulique d'origine
		<ul style="list-style-type: none"> • Installer une ventilation forcée plus performante • Installer des cartouches de charbon actif pour traiter l'air vicié
Enrobage du support à l'aval (décanteur digesteur utilisé en tant que traitement primaire)	Dégraissage inefficace	Déplacer ou allonger la cloison siphonide
	Extractions des graisses trop espacées	Vérifier les caractéristiques de l'effluent d'entrée (température, pH, etc.) Augmenter la fréquence des extractions

Glossaire	
Termes ou expressions	Signification
Ammoniaque	Constitue la forme réduite de l'azote. Son symbole chimique est le suivant : N-NH ₄
Azote Kjeldahl	Comporte l'azote présent sous les formes organiques et ammoniacales à l'exclusion des nitrates et nitrites. C'est donc à tort qu'on le désigne sous le terme d'azote total.
Balourd	Terme de mécanique classique caractérisant une masse non parfaitement répartie sur un volume de révolution entraînant un déséquilibre. L'axe d'inertie n'est plus confondu avec l'axe de rotation.
Batillage	Ensemble des vagues qui déferlent contre des berges, entraînant une dégradation de celles-ci.
Charge hydraulique	Voir Vitesse ascensionnelle
Charge organique d'une station de traitement des eaux usées	Rapport de la pollution reçue sur la capacité nominale de la station, elle s'exprime en % du flux nominal en DBO ₅ .
Coefficient d'uniformité (d'un sable)	Rapport entre le diamètre, qui laisse passer 60 % des particules, et celui qui en laisse passer 10 % ⇒ CU = D60/ D10
Demande biochimique en oxygène [DBO₅ à 20 °C]	Un des paramètres de la qualité d'une eau. Cette DBO ₅ mesure la quantité de matière organique biodégradable contenue dans une eau. Cette matière organique biodégradable est évaluée par l'intermédiaire de l'oxygène consommé par les micro-organismes impliqués dans les mécanismes d'épuration naturelle. Ce paramètre est exprimé en milligramme d'oxygène nécessaire pendant cinq jours pour dégrader la matière organique contenue dans un litre d'eau. L'échantillon est conservé à 20 °C pour obtenir une cinétique de consommation de l'oxygène comparable entre les différentes mesures.
Demande chimique en oxygène [DCO]	Permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. On évalue la quantité d'oxygène (en mg/l), utilisée par les réactions d'oxydation, à partir de la mesure du résidu de réactifs au bout de 2 h. L'oxydation s'effectue à chaud, en milieu acide, en présence d'un excès d'oxydant. La DCO représente quasiment tout ce qui est susceptible de consommer de l'oxygène dans l'eau : par exemple, les sels minéraux et les composés organiques. Plus facile et plus rapidement mesurable, avec une meilleure reproductibilité que la voie biologique, la DCO est systématiquement utilisée pour caractériser un effluent.
Digestion anaérobie	Appelée aussi « méthanisation », ou « fermentation méthanique », transforme la matière organique en compost, méthane et gaz carbonique par un écosystème microbien complexe fonctionnant en absence d'oxygène. La méthanisation permet d'éliminer la pollution organique tout en consommant peu d'énergie, en produisant peu de boues et en générant une énergie renouvelable : le biogaz.
Équivalents habitants (E-H)	Unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour. La directive européenne du 21 mai 1991 définit l'équivalent-habitant comme la charge organique biodégradable ayant une demande biochimique d'oxygène en cinq jours (DBO ₅) de 60 grammes d'oxygène par jour ⇒ 1 EH = 60 g de DBO ₅ /jour. Dans cet article, nous avons utilisé le terme équivalent-habitant conformément à cette définition.
Eaux grises	Eaux usées d'origine domestique peu chargées en matières polluantes, résultant du lavage de la vaisselle, des mains, des bains ou des douches.
Eaux vannes	Eaux usées fortement chargées en matières polluantes et contenant des matières fécales, provenant des WC et des urinoirs.
Germe pathogène	Micro-organisme susceptible de causer une maladie.
Matières organiques dissoutes	Fraction organique des matières en suspension. Ces matières disparaissent au cours d'une combustion et sont mesurées à partir des matières en suspension (résidu à 105 °C) en les calcinant dans un four à 525 °C pendant deux heures. En général, les matières volatiles en suspension représentent en moyenne 70 % de la teneur en matières en suspension pour des effluents domestiques. Ces éléments sont issus des rejets industriels et urbains et de la dissolution par l'eau de pluie, des végétaux décomposés présents dans les couches superficielles des terrains.

Glossaire (suite)	
Termes ou expressions	Signification
Matières solides en suspension [MES]	Désignent l'ensemble des matières solides insolubles présentes dans un liquide. Plus une eau en contient, plus elle est dite « turbide ».
Nitrates	Stade final de l'oxydation de l'azote.
Nitrites	Étape importante dans le cycle de l'azote, et proviennent, soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque (nitrification non conduite à terme), soit d'une réduction des nitrates (action dénitrifiante). Ils s'insèrent entre l'ammoniaque et les nitrates.
Radier	Revêtement imperméable (en béton, généralement, pour les ouvrages d'épuration) protégeant la base d'une construction contre l'érosion des eaux, ou lui servant de fondation.
Septique	Qui produit l'infection / causé par des germes pathogènes.
Temps de séjour	Temps de séjour hydraulique de l'eau dans un bassin. Il correspond au rapport du volume du bassin (V) sur le débit de l'effluent entrant (Q). $T_s = \frac{V(m^3)}{Q(m^3/h)}$
Vitesse ascensionnelle	Tout ouvrage mettant en jeu un phénomène de décantation peut être caractérisé par un paramètre technique fondamental : la vitesse ascensionnelle, appelée aussi charge hydraulique superficielle. Cette vitesse est calculée en divisant le débit admis dans l'ouvrage par la surface libre (surface utile intéressée par la remontée de l'eau épurée) : $V_u = \frac{Q}{S}$ avec V_u vitesse ascensionnelle exprimée (en $m^3/m^2.h$ ou m/h), Q débit (en m^3/h), S surface de l'ouvrage en (m^2). Pour un décanteur normalement dimensionné et bien exploité, la vitesse ascensionnelle admissible est d'autant plus faible que l'aptitude des boues à la décantation est mauvaise, ou que la concentration des boues est élevée.

Traitement des eaux résiduaires des agglomérations

Concepts et relevage

par **Jean-Marc BERLAND**

Docteur en sciences et techniques de l'Environnement de l'École Nationale des Ponts et Chaussées

Chef de Projet à l'Office International de l'Eau – CNIDE – Limoges (France)

Sources bibliographiques

- [1] BERLAND (J.-M.), BOUTIN (C.), MOLLE (P.) et COOPER (P.). – *Guide des procédés épuratoires extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites collectivités*. OIEau ; Commission Européenne – DGXI (2001).
- [2] ALEXANDRE (O.), BOUTIN (C.), DUCHENE (P.), LAGRANGE (C.), LAKEL (A.), LIENARD (A.) et ORDITZ (D.). – Document technique FNDAE n° 22 *Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités* ; ministère de l'Agriculture et de la pêche (1998).
- Agence de l'Eau Rhin-Meuse. – *Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse : éléments de comparaison techniques et économiques* (2007).
- CHABAUD (S.). – *Influence du biofilm sur les performances des systèmes de traitement par infiltration dans le sol : application à l'assainissement non collectif*. Thèse de Doctorat, Discipline : Sciences pour l'ingénieur, Spécialité : Génie des Procédés, Université de Nantes Faculté des Sciences et Techniques, École Doctorale « Mécanique, Thermique, Génie Civil » (2007).
- GILLOT (S.), LANGERGRABER (G.), OHTSUKI (T.), SHAW (A.), TAKACS (I.), WINKLER (S.) et RIEGER (L.). – *Un protocole pour la modélisation du fonctionnement des stations d'épuration à boues activées*, in Sciences Eaux et Territoires (2012).
- HAUDUC (H.), GILLOT (S.), RIEGER (L.), OHTSUKI (T.), SHAW (A.), TAKACS (I.) et WINKLER (S.). – *Activated sludge Modelling in Practice*. An international Survey, *Water Science and Technology*, 60(8), p. 1943-1951 (2009).
- LAURENT (J.). – *Étude du fonctionnement d'un réacteur à lit fluidisé et à alimentation séquentielle*. Master de recherche Chimie et Microbiologie de l'Eau, Laboratoire des Sciences de l'Eau et de l'Environnement, université de Limoges (2006).
- PRONOST (J.), PRONOST (R.), DEPLAT (L.), MALRIEU (J.) et BERLAND (J.-M.). – Document technique FNDAE n° 22 bis *Station d'épuration : Dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation*, ministère de l'Agriculture et de la pêche (2005).
- RIEGER (L.), GILLOT (S.), LANGERGRABER (G.), OHTSUKI (T.), SHAW (A.), TAKACS (I.) et WINKLER (S.). – *Guidelines for Using Activated Sludge Models*. IWA Publishing, ISBN : 9781843391746, London, UK, 312 p. (2012).

À lire également dans nos bases

BERLAND (J.-M.). – *Assainissement des agglomérations*. [C 4 200] (2014).

BERLAND (J.-M.). – *Traitement des eaux résiduaires des agglomérations – Filières intensives*. [C 5 222] (2014).

BERLAND (J.-M.). – *Traitement des eaux résiduaires des agglomérations – Filières extensives*. [C 5 223] (2014).

BERLAND (J.-M.). – *Gestion des matières de vidange*. [C 3 845] (2013).

EL BAIHOUL (I.). – *Traitement de surface – Effluents et réglementation*. [M 1 815] (2011).

ELSKENS (M.). – *Analyse des eaux résiduaires*. [P 4 200] (2010).

VIDONNE (A.). – *Traitement des eaux résiduaires dans les ateliers de traitement de surface – Réglementation et gestion des rinçages*. [M 1 800] (2009).

GRASMICK (A.), CABASSUD (C.), SPERANDIO (M.) et WISNIEWSKI (C.). – *Bioréacteurs à membranes et traitement des eaux usées*. [W 4 140] (2007).

Outils logiciels

- **Protocole GMP** : protocole pour la modélisation du fonctionnement des stations d'épuration à boues activées

- **Programme « step.xls »** : fichier Excel pour le calcul et le dimensionnement de station d'épuration : disponible notamment à l'adresse suivante : http://www.4shared.com/office/eBpFQ-NE/programme_step.html

Sites Internet

- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie – Point sur les stations d'épuration
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Point-sur-les-stations-d-epuration.html>

- Différents documents techniques concernent les stations de traitement des eaux usées sur le site toujours mis à jour du Fonds national pour le développement des adductions d'eau (FNDAE)
<http://www.fndae.fr>

Normes et standards

Série des Normes AFNOR NF EN 12255 relatives aux stations d'épuration.

Réglementation

Directive n° 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires.

Loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau.

Décret n° 94-469 du 3 juin 1994 relatif à la collecte et au traitement des eaux usées.

Décret n° 2006-503 du 2 mai 2006 relatif à la collecte et au traitement des eaux usées mentionnées aux articles L. 2224-8 et L. 2224-10 du code général des collectivités territoriales.

Arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement.

Circulaire du 8 décembre 2006 relative à la mise en conformité de la collecte et du traitement des eaux usées des communes soumises aux échéances des 31 décembre 1998, 2000 et 2005 en application de la directive n° 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines.

Circulaire du 15 février 2008 ayant pour objet les instructions pour l'application de l'arrêté interministériel du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport, au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité et aux dispositifs d'assainissement non collectif, recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1,2 kg/j de DBO. Instructions applicables à l'assainissement collectif.