

CHAPITRE VI

BASSINS DE DÉCANTATION ET D'ÉPAISSISSEMENT

Pierre-Henri Dodane et Magalie Bassan

Objectifs pédagogiques

- Savoir dans quels contextes les bassins de décantation et d'épaississement sont adaptés.
- Comprendre les principaux mécanismes en jeu dans les bassins de décantation et d'épaississement.
- Connaître les avantages et les inconvénients potentiels des bassins de décantation et d'épaississement.
- Connaître le niveau d'exploitation-maintenance nécessaire pour réaliser la séparation solide-liquide.
- Être capable de dimensionner un bassin de décantation et d'épaississement en vue d'atteindre un objectif de traitement donné.

6.1 INTRODUCTION

Les bassins de décantation et d'épaississement sont utilisés pour séparer les fractions solide et liquide des boues de vidange. Le procédé fonctionne sur le principe de la décantation, tout d'abord mise en œuvre pour le traitement primaire et secondaire des eaux usées dans les stations d'épuration et également utilisée pour la séparation solide-liquide dans les fosses septiques. Les bassins de décantation et d'épaississement pour le traitement des boues de vidange sont des ouvrages rectangulaires. Les boues de vidange y sont introduites d'un côté (à l'entrée), l'effluent ressort de l'autre côté de l'ouvrage (surnageant) et les matières solides sont retenues au fond. Une couche d'écume se forme et flotte à la surface du bassin (figure 6.1). Lors du passage des boues dans l'ouvrage, les particules lourdes décantent et s'épaississent sous l'effet de la gravité. Les particules flottantes, comme les graisses et les huiles, s'accumulent à la surface. Les matières solides décantées doivent être extraites régulièrement et la fraction liquide est déversée à la sortie du bassin. Ce type de traitement implique une stabilité hydraulique de l'écoulement car les processus de décantation, d'épaississement et de flottation seront moins efficaces avec des écoulements turbulents. C'est une condition pour pouvoir appliquer les modèles utilisés pour la conception. Des déflecteurs peuvent être utilisés pour réduire les turbulences à l'entrée et pour séparer l'effluent sortant, l'écume et les boues épaissies.

Après leur passage dans le bassin de décantation et d'épaississement, les fractions solide et liquide doivent être traitées selon la destination finale envisagée. Elles présentent en effet des taux de germes pathogènes élevés. Les boues ne sont ni stabilisées ni déshydratées (voir les chapitres 5 et 17 pour les filières de traitement possibles). Les bassins de décantation et d'épaississement peuvent être utilisés sous tous les climats. Ils ne constituent toutefois une solution intéressante pour le traitement préalable des boues de vidange que lorsque les boues sont faiblement concen-

trées et/ou quand le climat est tempéré ou pluvieux. Ils permettent alors de réduire la surface nécessaire pour les étapes de traitement ultérieures, ce qui est un point important en milieu urbain avec peu de possibilités foncières. À titre d'exemple, la séparation solide-liquide réalisée par ce procédé permet une réduction des surfaces nécessaires pour la déshydratation des boues sur des lits de séchage.

Le fonctionnement du procédé est facilité par la mise en place de deux bassins en parallèle. Cette configuration permet de maintenir un cycle continu d'alimentation et d'extraction des boues ainsi que les activités de maintenance associées. L'entretien de l'ouvrage est plus simple et l'épaississement des boues meilleur lorsque l'un des bassins est laissé au repos avant l'extraction de ses boues. Avoir deux bassins en parallèle permet d'arrêter l'alimentation de l'un d'eux pour procéder à l'extraction des boues et de la couche d'écume et, le cas échéant, à la vidange du surnageant. Chaque bassin est alimenté en alternance pour des périodes allant généralement d'une semaine à un mois (durée qui influe sur le volume de l'ouvrage), avant d'être mis au repos et en maintenance pendant que l'autre bassin prend le relais.

Dans la plupart des cas qui existent dans les pays à revenu faible, l'extraction des boues est effectuée soit à la pelle mécanique, soit par poste de pompage lorsque la boue n'est pas trop épaisse et peut être pompée, ou encore par des camions de vidange puissants. Dans les stations de traitement des eaux usées, l'évacuation des boues des décanteurs est généralement réalisée par des dispositifs mécaniques de pompage.

Ce chapitre présente les principaux mécanismes en jeu dans ces ouvrages, fournit des recommandations pour leur conception et leur bon fonctionnement et indique les performances que l'on peut atteindre pour le traitement préalable des boues de vidange. Une alternative au procédé existe sous la forme de bassins de lagunage, similaires aux bassins anaérobies utilisés pour le traitement des eaux usées. Les lagunes permettent une plus grande accumulation des boues qui peuvent donc être mieux digérées, mais qui seront aussi plus difficiles à extraire. Les informations contenues dans ce chapitre sont basées sur la connaissance théorique du procédé et sur les retours d'expériences en Afrique de l'Ouest. Les cas réels de bassins de décantation et d'épaississement en exploitation restent peu nombreux. On peut citer celui de Kumasi, Ghana, d'une capacité de 100 m³, utilisé en traitement préalable à une déshydratation sur lits de séchage. Les recommandations formulées dans ce chapitre sont facilement adaptables à d'autres contextes.

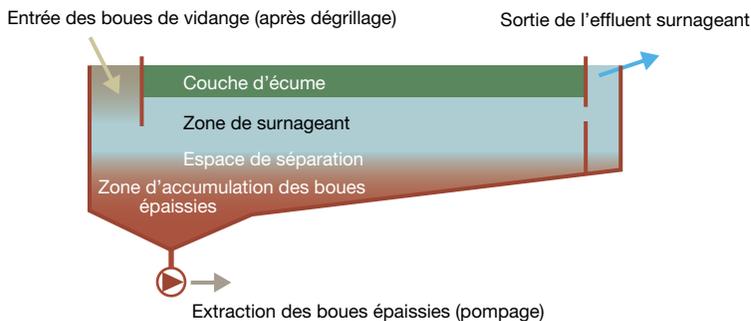


Figure 6.1 : Vue schématique des différentes zones d'un bassin de décantation et d'épaississement.

6.2 MÉCANISMES DE TRAITEMENT

Trois principaux mécanismes entrent en jeu dans le fonctionnement des bassins de décantation et d'épaississement : la décantation, l'épaississement et la flottation. Ils sont décrits plus en détail au chapitre 3. Une digestion anaérobie se produit également dans les bassins, mais ce n'est pas un objectif de traitement recherché. Elle génère en effet une production de gaz dont les bulles remontent à la surface, se mélangent et entraînent avec elles des particules, ce qui diminue l'efficacité de la séparation solide-liquide. Les paragraphes suivants donnent un bref aperçu de ces mécanismes.

6.2.1 Décantation

Au sein des bassins de décantation et d'épaississement, les matières en suspension (MES) plus denses que l'eau décantent au fond de l'ouvrage sous l'effet de la gravité. Trois grands types de décantation ont lieu :

- Discrète : les particules décantent indépendamment les unes des autres ;
- En floculation : la décantation est accélérée par l'agrégation des particules entre elles ;
- Entravée : la concentration élevée en particules entraîne une réduction de la décantation (Ramalho, 1977).

Les formes de décantation discrète et en floculation se produisent rapidement. La décantation entravée, elle, a lieu au niveau supérieur de la couche de boues qui se déposent au fond de l'ouvrage, où la concentration de matières en suspension est élevée. Ces processus conduisent à réduire le taux de particules présentes dans l'effluent (qui devient le surnageant) et à les stocker dans la zone inférieure du bassin.



Figure 6.2 :

Gauche : Bassins jumeaux de décantation et d'épaississement de la station de traitement des boues de vidange de Rufisque, Dakar, Sénégal. Le cycle de fonctionnement dure deux semaines (une semaine d'alimentation, une semaine de repos et d'extraction des boues). Les boues épaissies sont envoyées sur des lits de séchage par une pompe.

Droite : Lagune de décantation et d'épaississement à Achimota, Accra, Ghana. Le cycle de fonctionnement est de 8 semaines (quatre semaines d'alimentation, quatre semaines de repos et d'extraction des boues). Les boues après 8 semaines d'épaississement ne peuvent pas être pompées et doivent être curées manuellement (photos : Sandec).

En première approche, les particules décantent d'autant mieux que leur densité est élevée. La décantation dépend aussi de leurs types et de leurs formes avec des vitesses de décantation associées. Si la théorie est importante pour comprendre le fonctionnement des bassins de décantation et d'épaississement, on utilise dans la pratique des valeurs empiriques pour la conception, qui dépendent des caractéristiques des boues de vidange dans les conditions locales.

La vitesse de décantation théorique d'une particule peut être estimée par l'équation 6.1. Elle correspond à la vitesse atteinte par la particule qui décante sous l'effet combiné de la force gravitaire, d'une part, et des forces d'Archimède et de freinage qui limitent sa descente, d'autre part.

Équation 6.1 :

$$V_c = \left[\frac{4}{3} \times \frac{g \times (\rho_s - \rho) \times d}{C_d \times \rho} \right]^{1/2}$$

Où :

V_c = Vitesse critique de chute de la particule (m/h).

g = Accélération de la pesanteur (m/s²).

ρ_s = Densité de la particule (g/L).

ρ = Concentration (g/L).

d = Diamètre de la particule (m).

C_d = Coefficient de freinage.

La valeur de la vitesse de décantation critique (V_c) est choisie en fonction de la proportion de matières solides à retenir. Théoriquement, en régime hydraulique laminaire (c'est-à-dire non-turbulent) et en l'absence de court-circuit hydraulique, toutes les particules ayant une vitesse de décantation supérieure à V_c seront retenues. On peut donc ainsi dimensionner le bassin selon le taux de rétention des particules souhaité. Comme le flux dans le réservoir est longitudinal, il s'agit donc de déterminer la longueur du bassin pour s'assurer que la chute des particules à retenir se fasse en dessous du niveau de la sortie. Dans l'exemple de la figure 6.3, les particules avec une vitesse $V_c < V_{c0}$ n'auront pas le temps de chuter suffisamment et resteront donc en suspension dans l'effluent sortant. L'estimation de V_c pour la conception est abordée dans le paragraphe 6.3.2.

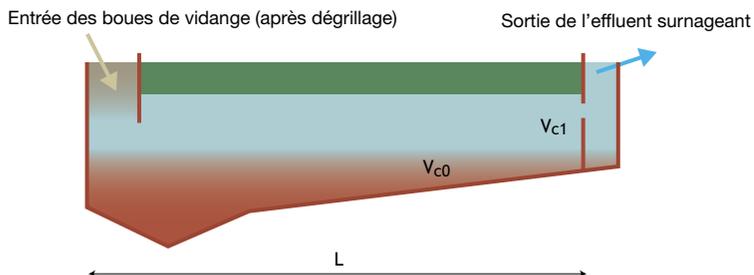


Figure 6.3 : Illustration du principe de la vitesse critique de décantation (vitesse de chute d'une particule pour être retenue dans un bassin de longueur L).

6.2.2 Épaississement

Les particules qui s'accumulent au fond de l'ouvrage sont comprimées, ce qui provoque l'épaississement des boues. Leur compression est due au poids des autres particules qui s'installent au-dessus d'elles et établissent une pression qui permet de chasser l'eau et d'augmenter la concentration en matières sèches dans les boues. L'épaississement est donc également dû aux forces de gravité. Il a pour conséquence l'augmentation de la concentration en MES ainsi que des forces de liaison entre particules. Il est important de prévoir un espace suffisant pour le stockage de ces particules de boues qui décantent et s'accumulent. Leur accumulation entraîne en effet une diminution de la hauteur disponible pour la décantation. Il est également important de déterminer dès la conception le mode d'extraction des boues et leur programmation.

6.2.3 Flottation

Comme pour les processus de décantation et d'épaississement, la flottation est liée aux différences de densité et à la pesanteur. La poussée d'Archimède est une force qui pousse les particules vers le haut en fonction de leur volume. Une particule flotte lorsque sa poussée d'Archimède est plus importante que sa pesanteur. Les particules hydrophobes comme les graisses et les huiles, ainsi que les particules moins denses que l'eau sont poussées à la surface de l'ouvrage par la flottation. Les bulles de gaz générées par la digestion anaérobie augmentent ce phénomène et entraînent d'autres particules. La couche qui s'accumule à la surface du bassin est appelée la « couche d'écume » (ou encore la « croûte » ou même le « chapeau »).

Il est important de prendre en compte cette couche d'écume dès la conception, car elle contribue à réduire le volume utile du bassin. Le volume de cette couche d'écume peut être significatif et ne doit pas être négligé. Des hauteurs d'écume importantes ont été observées à la surface de bassins de décantation et d'épaississement existants, comme l'illustre la figure 6.2.

6.2.4 Digestion anaérobie

La digestion anaérobie dans les bassins de décantation et d'épaississement apparaît principalement au sein de la couche de boues épaissies. L'importance de la digestion dépend du niveau de stabilisation initiale des boues de vidange, de la température et du temps de séjour dans l'ouvrage. Ce processus permet la dégradation d'une partie de la matière organique et génère des gaz. L'expérience pratique a montré que les boues de vidange fraîches (non-stabilisées, issues par exemple des toilettes publiques fréquemment vidangées) ne décantaient pas bien. Cela s'explique par le fait que ces boues non-stabilisées contiennent plus d'eau liée et que leur digestion génère une quantité plus importante de bulles de gaz. Les boues de vidange stabilisées (par exemple issues de fosses septiques) et les mélanges entre boues stabilisées et boues fraîches seront donc mieux adaptés à un traitement dans les bassins de décantation et d'épaississement (Heinss *et al.*, 1998 ; Vonwiller, 2007).

6.2.5 Zones liquides et solides

Ces principaux mécanismes en interaction entraînent une séparation des boues de vidange en quatre couches qui sont schématisées sur la figure 6.1 (Heinss *et al.*, 1998 ; Metcalf et Eddy, 2003) :

- Une couche de boues épaissies au fond de l'ouvrage : la concentration dans cette couche est plus élevée en bas qu'en haut ;
- Une couche de séparation entre les boues épaissies et le surnageant, car la transition entre ces deux zones n'est pas immédiate : cette zone est le siège principal d'une décantation de type entravé. Les particules de cette zone sont plus facilement sujettes à être entraînées par le surnageant que les particules de la couche de boues épaissies ;
- Une couche de surnageant située entre la zone de séparation et la couche d'écume : elle est constituée de la fraction liquide et des particules qui n'ont ni décanté ni flotté ;
- Une couche d'écume située à la surface du bassin : elle est constituée de la matière organique et non-organique flottante, des huiles et des graisses contenues dans les boues de vidange ainsi que des autres particules entraînées par les remontées de gaz.

6.3 CONCEPTION DES BASSINS DE DÉCANTATION ET D'ÉPAISSISSEMENT

Ce paragraphe fournit des recommandations pour la conception des bassins de décantation et d'épaississement pour le traitement des boues de vidange, sur la base des connaissances existantes. La conception d'un bassin est fonction du volume de boues de vidange à traiter ainsi que de la production d'écume et de boues épaissies. Elle doit aussi intégrer l'extraction régulière et efficace des boues épaissies et de l'écume, de manière à optimiser la séparation solide-liquide. Les considérations théoriques sont présentées ci-dessous et des exemples sont fournis dans les études de cas et dans l'exercice de dimensionnement.

6.3.1 Caractéristiques des boues de vidange influençant la conception et les mesures en laboratoire

La détermination de la surface du bassin et des volumes des zones réservées pour l'écume, le surnageant, la séparation et l'épaississement nécessite la bonne compréhension des caractéristiques spécifiques des boues de vidange locales. Comme expliqué au chapitre 2, la définition précise des quantités et des caractéristiques des boues de vidange à traiter peut être difficile, selon les infrastructures existantes et leur gestion. De plus, la charge entrante dépend des variations saisonnières, en quantité comme en qualité. Les analyses sur les boues à traiter à conduire en laboratoire portent en particulier sur leur capacité à décanter, à épaissir et à former la couche d'écume (Strauss *et al.*, 2000). Il est important de s'assurer que les boues de vidange utilisées pour ces tests correspondent bien à celles qu'il faudra traiter. Un échantillonnage peut par exemple être réalisé à partir des camions de vidange attendus à la station lorsque la filière de collecte et de transport est déjà en place.

L'indice de boue (IB) est une méthode de laboratoire permettant de déterminer empiriquement la capacité des boues à décanter, à partir de la quantité de matières en suspension qui décantent pendant une durée donnée. Pour déterminer l'IB, la concentration initiale en matières en suspen-

sion doit être connue. Un cône Imhoff gradué est rempli de boues de vidange qui sont laissées à décanter (voir figure 6.4) pendant 30 à 60 minutes. Le volume occupé par les boues décantées est alors mesuré et exprimé en mL/L. L'IB correspond au volume de boues décantées divisé par la concentration en MES (en g/L). Il représente le volume des boues décantées par gramme de matières en suspension. Un exemple de calcul est présenté ci-dessous. Ce test est statique et non en alimentation continue comme dans les bassins en grandeur réelle, il ne fournit donc pas une estimation exacte de la hauteur de la couche de boues épaissies. Les tests Imhoff avec des volumes supérieurs à un litre sont réputés plus représentatifs et moins sujets aux effets de bord (Heinss *et al.*, 1999).

L'expérience de la décantation dans les stations de traitement des eaux usées permet de considérer que des boues d'épuration avec un IB de 100 mL/g de MES permet une bonne séparation solide-liquide. Les mesures réalisées à Accra, Ghana, et à Dakar, Sénégal, ont montré que les boues de vidange avaient une bonne capacité à la décantation et à l'épaississement, avec des IB allant de 30 à 80 mL/g (Heinss *et al.*, 1998, et expérience personnelle, Pierre-Henri Dodane). Les tests d'indice de boue conduits à Dakar ont permis d'observer que les boues de vidange décantaient rapidement pendant les 20 premières minutes, un important épaississement ayant lieu pendant les 100 minutes suivantes (Badji *et al.*, 2011).



Figure 6.4 : Cônes Imhoff utilisés pour mesurer l'indice de boue (photo : Sandec).

Exemple de calcul d'un indice de boue (IB).

Un échantillon de boues de vidange issues d'une fosse septique du Burkina Faso présente une concentration en MES de 6,6 g/L.

Le volume des boues décantées après 60 minutes est de 198 mL/L.

$IB = \text{Volume décanté} / \text{concentration en MES} = 198 / 6,6 = 30 \text{ mL/g}$.

Ces boues de vidange seront considérées comme adaptées à un traitement par décantation. On considère pour les boues activées que les conditions idéales de décantation sont atteintes avec des IB inférieurs à 100 mL/g de MES (Pujol *et al.*, 1990). En ce qui concerne les boues de vidange, leur niveau de stabilisation et leur origine doivent aussi être pris en compte, mais dans des limites qui doivent encore être établies.

6.3.2 Surface et longueur du bassin

La longueur du bassin doit être suffisante et présenter une répartition hydraulique adéquate, afin de permettre à l'ensemble de la surface d'être utilisée et de laisser assez de temps aux particules pour décanter. Selon Metcalf et Eddy (2003), la surface d'un bassin de décantation et d'épaississement peut être calculée selon l'équation 6.2, sur la base de la vitesse ascensionnelle (V_{asc}) et du débit entrant (Q_p).

$$\text{Équation 6.2 : } S = \frac{Q_p}{V_{asc}}$$

Où :

S = surface du bassin (m^2).

Q_p = débit de pointe entrant (m^3/h).

V_{asc} = vitesse ascensionnelle (m/h).

$Q_p = Q \times C_p/h$

Où :

Q = débit journalier entrant moyen.

C_p = coefficient de pointe.

h = nombre d'heures de fonctionnement de la station de traitement (les boues entrantes sont uniquement admises durant les heures d'ouverture de la station).

La vitesse ascensionnelle (V_{asc}) représente « la vitesse de décantation d'une particule qui chute d'une hauteur égale à la profondeur utile de l'ouvrage pendant son temps de séjour » (Ramalho, 1977). On l'utilise pour estimer la surface nécessaire à un débit entrant donné, qui permettra la décantation des particules avec une certaine vitesse de décantation. Les particules qui présentent une vitesse de décantation plus faible que la V_{asc} seront entraînées par le surnageant. La vitesse ascensionnelle choisie à la conception correspond au taux de rétention de MES souhaité pour l'ouvrage, c'est-à-dire à la vitesse de décantation des particules qui resteront dans le surnageant. C'est ce qui est illustré à la figure 6.3 où $V_{asc} = V_{co} > V_{c1}$. Le coefficient de pointe est estimé à partir de l'observation de la fréquentation journalière des camions à la station. À Dakar, par exemple, la période de pointe a lieu à 11 h. Les vidangeurs connaissent en effet une période d'intense activité en matinée. La fréquentation à ce moment-là est 1,6 fois plus grande que la moyenne journalière.

La V_{asc} peut être estimée à partir de l'IB par des méthodes empiriques développées dans le traitement des boues activées (Pujol *et al.*, 1990). Ce type de connaissance basée sur l'expérience n'existe cependant pas pour les boues de vidange. La valeur $V_{asc} = 0,5$ m/h pourrait être utilisée dans le cas d'ouvrages de décantation rectangulaires pour des boues de vidange qui présentent un IB inférieur à 100 (expérience personnelle, Pierre-Henri Dodane). Une fois la surface calculée, les dimensions de l'ouvrage sont obtenues à partir d'un ratio largeur/longueur type. Heiness *et al.* (1998) recommandent par exemple un ratio de 1/10 à 1/5. Plus la vitesse de décantation critique choisie est faible, plus l'ouvrage sera long et plus la décantation sera importante.

6.3.3 Volume de l'ouvrage

Une fois la surface du bassin calculée, on peut estimer son volume en considérant les hauteurs des quatre couches décrites dans la figure 6.1. Une attention particulière doit être portée à la zone d'accumulation de l'écume et des boues épaissies pour éviter les départs de particules avec l'effluent sortant. Sur la base des observations de terrain sur les bassins de décantation et d'épaississement d'Accra et de Dakar (Heinss *et al.*, 1998), les valeurs suivantes peuvent être commandées pour des boues à traiter de caractéristiques similaires :

- Zone d'écume : de 0,4 m (rythme d'une semaine d'alimentation et d'une semaine de repos pour épaississement et extraction) à 0,8 m (rythme de quatre semaines d'alimentation et quatre semaines de repos pour épaississement et extraction) ;
- Zone de surnageant : 0,5 m ;
- Zone de séparation : 0,5 m.

La hauteur de la zone d'épaississement doit être calculée en fonction de la charge entrante et de la concentration escomptée des boues épaissies (C_e). Prévoir un volume de stockage suffisant pour les boues épaissies est essentiel pour éviter le relargage de particules décantées. Il est nécessaire de déterminer au préalable la durée du cycle de fonctionnement (alimentation, puis repos) et les moyens pour l'extraction de l'écume et des boues épaissies. Le volume de la zone d'épaississement (V_e) peut être calculé selon l'équation 6.3 (Metcalf et Eddy, 2003).

$$\text{Équation 6.3 : } V_e = \frac{Q \times C_i \times e \times N}{C_e}$$

Où :

V_e = volume de la zone d'épaississement (m^3).

Q = débit moyen entrant de boues de vidange (m^3/jour).

C_i = concentration des boues de vidange entrantes (g/L).

e = taux de décantation escompté (= proportion de MES retenues, en %).

N = durée de la période d'alimentation au cours du cycle, en jours.

C_e = concentration moyenne en MES des boues épaissies après la période d'alimentation (g/L).

On utilise donc le débit moyen entrant pour l'estimation des volumes de boues accumulées, mais le débit de pointe pour la détermination de la surface de l'ouvrage, afin d'assurer le rendement de décantation quel que soit le moment de la journée. Le volume de la zone d'épaississement est fonction du rendement de décantation escompté. On ne considère pas, lors de la conception, la compression supplémentaire des boues obtenue pendant la période de repos qui précède l'extraction des boues. Sur le terrain, les rendements de décantation des boues de vidange ne dépassent pas 60 % en moyenne, en raison de la faiblesse de l'exploitation-maintenance et des remontées de gaz (Heinss *et al.*, 1998). Dans les meilleures conditions, il est recommandé de ne pas utiliser un taux de décantation supérieur à 80 %.

Une attention particulière doit être portée à l'estimation de C_e . En effet, une surestimation entraînera un volume de stockage insuffisant et donc un taux de rétention des particules réduit, puisque des particules seront entraînées avec l'effluent sortant. À l'inverse, une sous-estimation entraînera un ouvrage trop grand et des coûts de construction plus élevés. Le tableau 6.1 présente des exemples de concentration en MES atteintes selon la concentration initiale des boues et la durée de l'épaississement.

Tableau 6.1 : Concentration en MES dans la zone d'épaississement des bassins d'Accra et de Dakar (Heinss et al., 1998 ; Badji et al., 2011).

LIEU	CONCENTRATION ENTRANTE (g de MES/L)	DURÉE DE L'ÉPAISSISSEMENT (jour)	CONCENTRATION DANS LA ZONE D'ÉPAISSISSEMENT (g de MES/L)
Dakar, STBV	5	10	60 à 70
Accra, STBV	15 à 20	9	60 à 85
Accra, STBV	15 à 20	30	> 100
Accra, STBV	15 à 20	50	140
Accra, laboratoire	40	7	100

La durée de la période d'alimentation est fonction des caractéristiques des boues de vidange, de la concentration escomptée des boues épaissies et des variations saisonnières. Les cycles courts sont intéressants pour maintenir des couches d'écume de faible épaisseur et des boues épaissies qui peuvent encore être pompées (étude de cas 6.1).

6.3.4 Configuration de l'entrée et de la sortie

Un dégrillage en amont des bassins de décantation et d'épaississement permet de faciliter la maintenance (en retenant par exemple les déchets grossiers qui pourraient endommager les pompes). Ce point est approfondi au chapitre 5 « Panorama des technologies de traitement ».

L'entrée des bassins doit faciliter l'uniformité et la stabilité de la répartition hydraulique dans l'ensemble de l'ouvrage et éviter les courts-circuits hydrauliques. Des déflecteurs sont utiles pour disperser l'énergie des effluents entrants et réduire les turbulences dans l'ouvrage. Heinss et al. (1998) recommandent de positionner l'admission des boues en profondeur pour améliorer la décantation des matières solides. Les pompes d'extraction des boues épaissies doivent être adaptées aux matières concentrées. Des points d'accès aisés seront utilement prévus pour le prélèvement des boues dans les différentes zones et pour faciliter la réparation des pompes.

La zone de départ du surnageant doit être située sous la zone d'écume, mais au-dessus de la zone de stockage des boues épaissies. Des cloisons sont utiles pour éviter le départ d'écume avec l'effluent sortant. La goulotte de sortie peut couvrir toute la largeur de l'ouvrage afin d'optimiser l'écoulement hydraulique (Heinss et al., 1998). Elle doit se situer sur le côté opposé de la zone d'entrée. Un point de sortie éloigné de la zone d'épaississement permet de limiter le relargage des particules décantées.

Étude de cas 6.1 : Fonctionnement des bassins de décantation et d'épaississement de Dakar, Sénégal, et d'Accra, Ghana.

(Adapté de Heinss *et al.*, 1998 ; Badji *et al.*, 2011).

Des bassins de décantation et d'épaississement de tailles différentes fonctionnent à Dakar depuis 2006 et dans la région d'Accra depuis la fin des années 1980. Dans les stations de Dakar, des périodes d'alimentation courtes sont mises en œuvre (environ une semaine). Les boues épaissies sont principalement extraites par pompage, tandis que l'écume et les boues plus compactes sont retirées par des camions de vidange. Des camions puissants sont nécessaires, mais ils ne sont pas toujours disponibles. Il s'avère important de prévoir la disponibilité des moyens mécaniques d'extraction des matières les plus compactes, afin d'assurer l'efficacité et la pérennité du traitement.

Les bassins de décantation et d'épaississement de la station de traitement de Cambéréne ont été dimensionnés avec un temps de séjour nominal de 8,6 heures. La sous-estimation des débits de boues à traiter entraîne leur surcharge ainsi qu'un fonctionnement avec un temps de séjour effectif de 1,7 heure. Cela illustre la nécessité d'une étude pour évaluer les volumes et des concentrations à traiter avant la conception des bassins (voir chapitre 2). Lors de cette étude, les activités de vidange doivent être évaluées, notamment la zone desservie, le nombre de ménages, la fréquence de vidange et le type de dispositif d'assainissement à la parcelle.

À Accra des périodes d'alimentation de quatre semaines ont été adoptées. Les bassins présentent donc des volumes plus importants pour permettre le stockage de plus grandes quantités de boues de vidange. Les ouvrages sont en terrassement, de type lagune. Ces périodes d'alimentation de quatre semaines sont suivies par des périodes de repos de quatre semaines également, qui précèdent l'extraction des boues et permettent un compactage supplémentaire. Dans ce cas de figure, l'épaisseur de la couche d'écume est plus importante et les boues épaissies sont plus compactes, donc plus difficiles à extraire par pompage. Des pelles mécaniques ont été utilisées pour l'enlèvement des boues et de l'écume, qui présentaient des concentrations élevées en matières solides. Les « lagunes » de décantation et d'épaississement, ouvrages plus grands, peuvent donc être plus difficiles à exploiter.

6.4 EXPLOITATION-MAINTENANCE DES BASSINS DE DÉCANTATION ET D'ÉPAISSISSEMENT

Il est intéressant de travailler avec deux bassins de décantation et d'épaississement en parallèle et en fonctionnement alterné, pour maintenir un fonctionnement continu du traitement pendant les opérations d'extraction des boues. Le cycle de fonctionnement de l'ouvrage est principalement constitué des phases d'alimentation, d'épaississement, puis d'extraction des boues épaissies et de l'écume. Un compactage additionnel a lieu pendant la phase de repos ; il est facilité par l'absence de perturbations hydrauliques (Heinss *et al.*, 1998) et entraîne une meilleure séparation solide-liquide ainsi qu'une augmentation de la concentration en MES dans les boues et l'écume.

6.4.1 Extraction des boues et de l'écume

Afin de maintenir un fonctionnement correct des bassins de décantation et d'épaississement et d'éviter une perte d'efficacité de la séparation solide-liquide, il est essentiel de respecter la fréquence d'extraction des boues et de l'écume prévue à la conception et de veiller à ce que la hauteur d'accumulation des boues ne soit pas dépassée.

La figure 6.5 illustre la diminution du volume utile résultant d'un manque d'extraction des boues : l'enlèvement de la couche d'écume n'a pas eu lieu depuis si longtemps que des végétaux poussent à sa surface. Cela doit bien sûr être évité.

Si l'on observe une accumulation de boues épaissies plus grande que celle qui a été prévue à la conception, cela signifie que la charge massique entrante est plus élevée qu'escomptée. Dans ce cas, les opérations de maintenance doivent être adaptées. L'extraction des boues dure typiquement de quelques heures à une journée, selon la durée de la phase de repos. Une fois l'ouvrage en fonctionnement, la fréquence d'extraction des boues doit être adaptée au fonctionnement réel observé à travers un suivi détaillé.



Figure 6.5 : Exemple d'exploitation-maintenance inadaptée d'un bassin de décantation et d'épaississement en Afrique de l'Ouest. La couche d'écume qui n'a pas été extraite depuis longtemps sert de support au développement de végétaux. Les volumes de boues et d'écume accumulés dans l'ouvrage ne permettent plus d'atteindre la performance escomptée et nécessitent des moyens plus importants pour le nettoyage (photo : Sandec).

Le nettoyage des bassins commence avec l'enlèvement de la couche d'écume. Cette couche présente habituellement une concentration en matières solides élevée qui la rend difficilement pompable. Elle est donc susceptible de rester présente après que les boues épaissies aient été extraites (figure 6.6) et pourra alors être enlevée manuellement. Lorsque l'ouvrage est suffisamment étroit et accessible, l'écume peut être retirée à la pelle depuis les deux côtés du bassin. Il faut sinon employer des moyens mécanisés comme des camions de pompage (disposant de pompes puissantes). L'écume peut également être extraite, manuellement ou par un engin, après que le bassin ait été vidé. C'est la manière qui est utilisée à la station de traitement de Cambéréne.

Pendant la période de repos, le surnageant est évacué par gravité ou par pompage, selon ce qui a été prévu lors de la conception. Il peut être renvoyé dans le deuxième bassin (qui fonctionne en parallèle) ou dans l'étape de traitement suivante. Les boues épaissies peuvent être extraites à la pelle une fois le surnageant évacué. Elles peuvent aussi être pompées en laissant le surnageant en place, ce qui permet de bénéficier d'une pression supplémentaire. Les ouvrages ayant souvent une profondeur supérieure à deux mètres, un accès adapté doit être prévu pour l'extraction des boues, mais aussi pour le nettoyage du bassin et des pompes. L'exploitant saura quand évacuer les boues à partir des charges reçues, des fréquences de soutirage prévues à la conception et de l'observation visuelle.



Figure 6.6 : Bassin de décantation et d'épaississement de Rufisque, Dakar, Sénégal, montrant la couche d'écume (photo : Sandec).

Il serait également possible de concevoir les bassins de décantation et d'épaississement avec des équipements de raclage et de pompage continu des boues épaissies et de l'écume, pour une maintenance et une flexibilité de gestion meilleures, mais aussi avec l'inconvénient de coûts d'exploitation-maintenance plus élevés (chapitre 11).

6.4.2 Période de démarrage et variations saisonnières

Il n'y a pas de besoin spécifique en matière de démarrage, puisque la décantation et l'épaississement reposent principalement sur des processus physiques. Il sera néanmoins utile d'ajuster les périodes d'alimentation et de repos, d'évaluer l'épaisseur des différentes zones et d'optimiser la fréquence d'extraction des boues. Les variations saisonnières climatiques et en termes de caractéristiques des boues de vidange peuvent avoir une influence sur la performance des bassins. Par exemple, une forte évaporation pourra augmenter la teneur en matières solides dans la couche d'écume. Une élévation de température pourrait conduire à une augmentation des processus de digestion anaérobie et donc de l'épaisseur de la couche d'écume.

6.5 PERFORMANCE DES BASSINS DE DÉCANTATION ET D'ÉPAISSISSEMENT

La performance des bassins de décantation et d'épaississement porte principalement sur la séparation des fractions solide et liquide. Les paragraphes suivants présentent les performances associées aux principaux mécanismes de traitement.

6.5.1 Séparation solide-liquide

On observe sur le terrain une efficacité de la décantation d'environ 50 à 60 % pour les MES, que ce soit pour de petits ou de grands temps de séjour. La rétention est supposée atteindre 80 % lorsque les bassins sont dimensionnés et exploités correctement (Heinss *et al.*, 1999).

La concentration des boues épaissies (C_e) dépend de la durée du cycle de fonctionnement et des caractéristiques initiales des boues de vidange (capacité à épaissir). C'est ce que présente le tableau 6.1. Il semble raisonnable de pouvoir atteindre 60 g de MES/L dans la zone d'épaississement après sept jours d'alimentation. Une concentration atteinte de 150 g de MES/L a été observée dans les bassins d'Accra avec un cycle de fonctionnement de huit semaines (Heinss *et al.*, 1998).

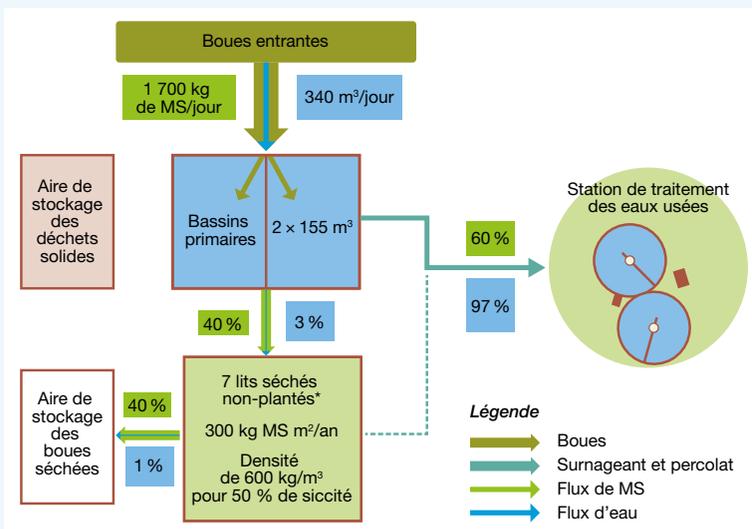
L'épaisseur de la couche d'écume et sa teneur en MES est principalement liée à la durée du cycle de fonctionnement, des caractéristiques des boues de vidange et du taux d'évaporation. Heiness *et al.* (1998) rapportent une épaisseur de 80 cm de croûte pour un cycle de fonctionnement de 8 semaines. À la station de Dakar, l'épaisseur de l'écume atteignait 10 à 20 cm après une semaine d'alimentation.

Étude de cas 6.2 : Station de traitement des boues de vidange de Cambéréne, filière bassin de décantation et d'épaississement et lits de séchage non-plantés.

(Adapté de Badji *et al.*, 2011 ; en lien avec l'étude de cas 7.2).

La STBV de Cambéréne, première station à l'échelle pour le traitement des boues de vidange de l'agglomération dakaraise, a été mise en fonctionnement en 2006. Elle est composée de l'association de bassins de décantation et d'épaississement (deux bassins de 155 m³ chacun) et de lits de séchage non-plantés (10 lits de 130 m² chacun). Les boues épaissies sont extraites des bassins par pompage et envoyées sur des lits de séchage. L'effluent sortant des bassins (surnageant) ainsi que le percolat issu des lits de séchage sont orientés vers la station de traitement des eaux usées voisine. Chaque semaine, l'un des bassins est alimenté en boues de vidange et l'autre est laissé au repos pour extraction des boues et nettoyage. Les boues de vidange de Dakar sont diluées et présentent une concentration moyenne de 5 g de MS/L, en raison notamment d'une nappe phréatique haute et de boues majoritairement issues de fosses étanches. L'association entre bassins de décantation et d'épaississement et lits de séchage avait été choisie dans le but d'épaissir ces boues diluées avant leur séchage, de manière à réduire la surface nécessaire au séchage.

De 2007 à 2009, des mesures journalières des flux polluants ont été réalisées à l'entrée et à la sortie des deux étages de traitement, ainsi qu'un suivi des caractéristiques des boues dans les bassins de décantation et d'épaississement et dans les lits de séchage (concentration, siccité), ce que rapportent Badji *et al.* (2011). Les résultats sont résumés dans la figure 6.7. Bien qu'initialement conçue pour traiter 100 m³ de boues de vidange et 700 kg de MS par jour, la station recevait 340 m³ de boues et 1 700 kg de MS par jour. Le bilan massique de la station en situation réelle de fonctionnement est présenté dans la figure ci-dessous.



* 7 lits seulement sur les 10 lits existants sont utilisés par l'exploitant.

Figure 6.7 : Bilan des flux et des performances de la station de traitement des boues de vidange de Cambéréne en conditions réelles de fonctionnement (Badji *et al.*, 2011).

L'expérience d'Accra a permis d'observer l'atteinte d'une concentration de boues épaissies de 150 g de MS/L, sans toutefois connaître les concentrations entrantes pendant cette période de mesure. À Dakar, avec une alternance d'alimentation et de repos toutes les semaines et donc un moindre temps de séjour qu'au Ghana, la concentration des boues épaissies atteignait 60 à 70 g de MS/L (alors que la concentration prévue lors de la conception était de 140 g de MS/L, sur la base de l'expérience ghanéenne). Ceci illustre l'importance de conduire les études préalables afin de définir les caractéristiques des boues dans les conditions locales (notamment la concentration, le débit entrant et le potentiel d'épaississement). Malgré la difficulté de ce travail, il peut conduire à une économie financière importante lors de l'exploitation.

L'exploitation-maintenance des bassins est considérée comme difficile par l'exploitant de Dakar, en particulier le fait de devoir entrer dans le bassin pour le nettoyage de l'écume. Le pompage est aussi un point problématique pour cet exploitant, car l'axe de la pompe est souvent bloqué par des déchets et doit être nettoyé. Ces problèmes ont souvent conduit à retarder le pompage des boues épaissies et, par conséquent, à augmenter encore la surcharge du bassin en parallèle en fonctionnement (voir figure 6.7).

6.5.2 Performance de traitement

Le principal objectif des bassins de décantation et d'épaississement est la séparation solide-liquide, et non pas la stabilisation des boues ou la réduction des germes pathogènes. D'autres étages de traitement sont nécessaires aussi bien pour les boues épaissies que pour le surnageant. La matière organique dissoute, les nutriments et des matières en suspension resteront présents dans le surnageant. Des mesures montrent notamment que la DCO entrante se retrouve pour 50 % dans les boues décantées et pour 50 % dans le surnageant (Badji *et al.*, 2011) ; d'autres montrent un surnageant contenant 10 % de la DBO et 25 % de la DCO (Heinss *et al.*, 1998). L'abattement ou l'inactivation des germes pathogènes est négligeable. Les germes pathogènes de taille importante, comme les œufs d'helminthe, sont supposés décanter dans une proportion plus ou moins liée avec le rendement de la décantation sur les MES. Heinss *et al.* (1998) rapportent un taux de 50 % des œufs d'helminthe totaux présents dans les boues épaissies.

6.6 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES BASSINS DE DÉCANTATION ET D'ÉPAISSISSEMENT

Les bassins de décantation et d'épaississement sont efficaces en tant que première étape de traitement pour réaliser une première séparation solide-liquide. Ils sont relativement robustes et permettent une réduction du volume de boues à traiter dans des étapes ultérieures. Leurs inconvénients sont :

- Le manque de retours d'expérience pour le traitement des boues de vidange, de données empiriques et de résultats sur lesquels baser la conception ;
- Les boues décantées présentent toujours une teneur en eau élevée et nécessitent une déshydratation ultérieure ;
- La fraction liquide reste fortement concentrée en MES et en matières organiques ;
- La réduction des germes pathogènes est faible. Les produits sortants des bassins ne peuvent pas être déversés dans l'environnement ni utilisés directement en agriculture (pour plus de détails sur les destinations finales des produits issus du traitement, voir le chapitre 10).

6.7 EXEMPLE DE DIMENSIONNEMENT D'UN BASSIN DE DÉCANTATION ET D'ÉPAISSISSEMENT

Comme présenté dans les paragraphes précédents, le dimensionnement des bassins de décantation et d'épaississement porte sur la détermination de la surface de l'ouvrage, des volumes des différentes zones et des configurations hydrauliques.

6.7.1 Situation initiale

Des études préalables suffisantes sont nécessaires pour concevoir spécifiquement selon les caractéristiques du contexte local. Cet exemple de dimensionnement correspond à une situation typique dans laquelle les bassins de décantation et d'épaississement sont pertinents. Les données de base issues des études préalables sont présentées dans le tableau 6.2.

Tableau 6.2 : Résultats des études préalables pour la détermination des bases de dimensionnement.

Concentration initiale des boues de vidange brutes	$C_{(MS)} = 7 \text{ g de MS/L}$ $C_{(MES)} = 5 \text{ g de MES/L}$
Origines des boues de vidange	Principalement des fosses septiques (boues stabilisées)
Degré de stabilisation	< 70 %
Débit entrant	$Q = 140 \text{ m}^3/\text{jour}$
Horaires d'ouverture de la station	7 h/jour 5 jours/semaine 52 semaines/an
Coefficient de pointe journalière	$C_p = 1,6$ (la pointe a souvent lieu en matinée, à la première rotation des camions)
Concentration des boues épaissies (cônes Imhoff de 1 L)	60 g MES/L
Décantabilité (cônes Imhoff de 1 L)	Bonne (IB = 23 < 100)

6.7.2 Hypothèses de dimensionnement

Les données de base permettent de réaliser les hypothèses suivantes :

- Vitesse ascensionnelle (V_{asc}) de 0,5 m/h, sur la base des tests d'IB et de l'expérience ;
- Taux de rétention escompté pour la décantation (ϵ) : 80 % pour les MES ;
- Mise en place de deux bassins en parallèle pour faciliter le nettoyage de l'un pendant l'alimentation de l'autre ;
- Période d'alimentation : 1 semaine (nombre de jours d'ouverture de la station par semaine $N = 5$), afin de minimiser la digestion anaérobie et les remontées de gaz. Chaque bassin sera donc alimenté pendant une semaine toutes les deux semaines, alors que l'extraction des boues épaissies et de l'écume sera réalisée dans l'autre bassin.
- Période pour un compactage additionnel de 2 à 3 jours. L'extraction des boues épaissies et de l'écume aura donc lieu tous les 10 jours par pompage, puisque les boues épaissies seront encore suffisamment liquides ;

- L'exploitant possède de l'expérience dans le traitement des eaux usées. Il sera donc en capacité d'effectuer correctement le pompage des boues épaissies et le nettoyage des bassins.

6.7.3 Calculs de dimensionnement

La surface d'un bassin permettant d'atteindre la vitesse ascensionnelle (V_{asc}) choisie pendant le débit de pointe est estimée par les équations suivantes :

$$\text{Équation 6.4 : } Q_p = Q \times C_p / 7 = 32 \text{ m}^3/h$$

Où 7 est la durée journalière d'ouverture de la station (en heures).

$$\text{Équation 6.5 : } S = Q_p / V_{asc} = 64 \text{ m}^2$$

Volume de la zone d'épaississement

La quantité journalière de MES introduite dans l'ouvrage (M) est calculée à partir de la concentration initiale des boues de vidange (C_i) :

$$\text{Équation 6.6 : } M = Q \times C_{i(MES)} = 700 \text{ kg de MES/jour}$$

La quantité journalière de boues décantées et épaissies (M_e) est obtenue à partir du rendement de la décantation (e) :

$$\text{Équation 6.7 : } M_e = M \times e = 560 \text{ kg de MES/jour}$$

Où e = 80 %. Pour un dimensionnement sécuritaire, la valeur de e doit en effet correspondre au maximum possible (et non pas à la moyenne).

Le volume de la zone de stockage des boues épaissies (V_e) est fonction de la quantité de particules retenues dans cette zone (M_e) et de la concentration en MES atteinte pour les boues épaissies (C_e) :

$$\text{Équation 6.8 : } e = M_e \times N / C_e = 47 \text{ m}^3$$

Configuration de l'ouvrage

La forme de l'ouvrage sera plutôt longue et étroite dans le but de faciliter la répartition hydraulique de l'effluent. Les ratios largeur sur longueur recommandés sont de 0,1 à 0,2. Pour une surface souhaitée d'environ 64 m² (voir équation 6.5), la configuration suivante peut être adoptée :

$$\text{Équation 6.9 : } S = l \times L = 3 \times 22 = 66 \text{ m}^2$$

Hauteur des zones

Les zones présenteront les caractéristiques suivantes :

- Zone d'écume : 0,4 m (valeur supposée sécuritaire pour un cycle de deux semaines) ;
- Zone de surnageant : 0,5 m (Heinss *et al.*, 1998) ;
- Zone de séparation : 0,5 m (Heinss *et al.*, 1998) ;
- Zone d'épaississement : 0,75 m (soit 47 m³ de stockage dans un bassin de 66 m²).

La figure 6.8 présente un schéma de la configuration adoptée :

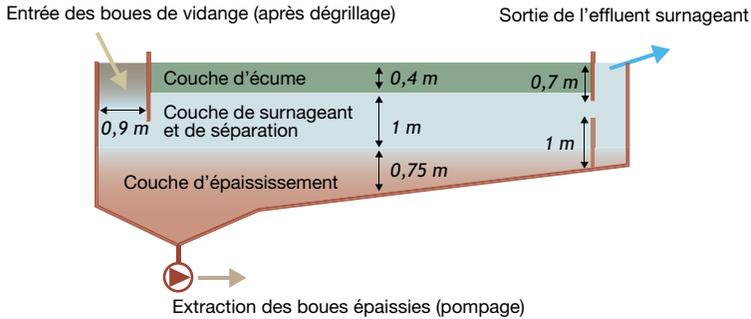


Figure 6.8 : Schéma du bassin décrit dans l'exemple de dimensionnement.

6.7.4 Bilan massique

Dans cet exemple, la zone d'épaississement a été dimensionnée sur la base de 80 % de rétention de MES. Le dimensionnement sécuritaire des étapes suivantes de traitement du surnageant doit se baser sur un rendement (ϵ) plus réaliste, de 60 % par exemple, pour considérer que l'effluent sortant (surnageant) contient encore 40 % des matières en suspension entrantes. Le bilan massique correspondant est présenté à la figure 6.9, avec les flux de MES estimés pour le surnageant et les boues épaissies.

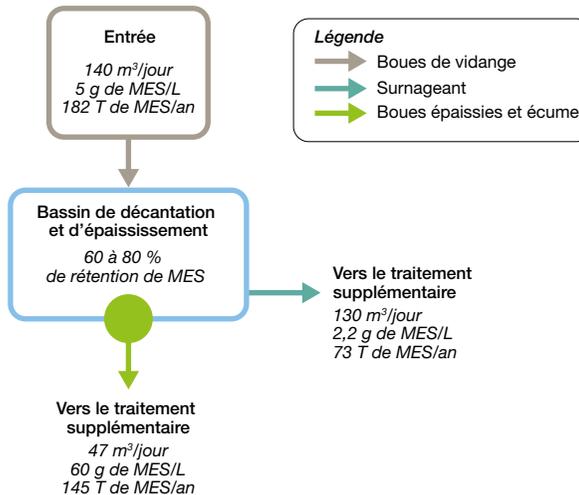


Figure 6.9 : Schéma du traitement et bilan massique correspondant à l'exemple de calcul.

6.8 BIBLIOGRAPHIE

- Badji K., Dodane P.-H., Mbéguéré M., Koné D. (2011). *Traitement des boues de vidange : éléments affectant la performance des lits de séchage non-plantés en taille réelle et les mécanismes de séchage*. Actes du symposium international sur la Gestion des boues de vidange, Dakar, 30 juin - 1^{er} juillet 2009, Eawag-Sandec.
- Heinss U., Larmie S.A., Strauss M. (1998). *Solids Separation and Pond Systems for the Treatment of Faecal Sludges in the Tropics – Lessons Learnt and Recommendations for Preliminary Design*, Eawag-Sandec, Report No. 05/98.
- Heinss U., Larmie S.A., Strauss M. (1999). *Characteristics of Faecal Sludges and Their Solids-liquid Separation*. Eawag-Sandec.
- Pujol R., Vachon A., Martin G. (1990). *Guide technique sur le foisonnement des boues activées*, éd. FNDAE, ministère de l'Agriculture et de la Forêt, France.
- Ramalho R.S. (1977). *Introduction to Wastewater Treatment Processes*, Academic Press.
- Strauss M., Larmie S.A., Heinss U., Montangero A. (2000). *Treating Faecal Sludges in Ponds*. *Water Science and Technology* 42 (10), p. 283-290.
- Metcalf et Eddy (2003). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. Tchobanoglous G., Burton F.L. eds. McGraw-Hill Book Company.
- Vonwiller L. (2007). *Monitoring of the Faecal Sludge Treatment Plant Cambérène in Dakar*. Eawag, Dübendorf, Switzerland.

Questions pour l'autoévaluation

1. Quels sont les trois principaux mécanismes impliqués dans la décantation et l'épaississement ? Expliquer leur fonctionnement.
2. Citer trois avantages et trois inconvénients des bassins de décantation et d'épaississement.
3. Quels sont les trois paramètres à calculer pour le dimensionnement des bassins de décantation et d'épaississement ?
4. Concernant le dimensionnement des bassins, pourquoi est-il important de calculer la surface au miroir, les volumes des zones et les configurations hydrauliques ?

