

GUIDE PRATIQUE DE MESURE DES BOUES DANS LES ÉTANGS D'ÉPURATION



30 juillet 2010

Ce document a été rédigé par la Direction générale des infrastructures du ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT) et réalisé par ce ministère.

© Gouvernement du Québec,
Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, 2010

ISBN 978-2-550-59658-5 (PDF)

Dépôt légal - Juillet 2010
Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Tous droits réservés. La reproduction de ce document par quelque procédé que ce soit et sa traduction, même partielles, sont interdites sans l'autorisation des Publications du Québec.

REMERCIEMENTS

Ce guide est le résultat d'une collaboration entre plusieurs personnes qui ont généreusement accepté d'y consacrer leur temps et de partager leurs connaissances. La production de ce document n'aurait pu être possible sans l'effort soutenu d'André Ruel. Nous le remercions tout particulièrement pour sa disponibilité et son enthousiasme tout au long du projet. Nous remercions également tous ceux qui l'ont assisté dans la rédaction et dans la confection de ce guide, notamment Marie-Christine Courte, Alain Bouchard, Roger D'Astous et Gilles Cloutier, ainsi que les stagiaires Myriam Trudeau, Mireille Paré, Michelle Létourneau, Marie-Claude Boudreault et Pierre-Émile Lemay. Nous remercions aussi ceux et celles qui ont pris le temps de lire le document et de faire des commentaires sur les versions préliminaires du texte, entre autres Diane Du Sablon, Alain Roy et Alain Roseberry. Leur apport a grandement contribué à améliorer ce document et nous leur en sommes très reconnaissants.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	9
2. PRÉPARATIFS	10
2.1. Informations préalables	10
2.2. Équipement	11
2.3. Sécurité	11
2.4. Quadrillage des étangs.....	12
2.5. Nombre de points de mesures	13
2.6. Prise de mesures	14
3. FRÉQUENCE DES MESURES.....	15
4. DESCRIPTION ET UTILISATION DES APPAREILS DE MESURE.....	15
4.1. Jauge à boues.....	15
4.2. Sonde à cellule photoélectrique	16
4.3. Disque léger	17
4.4. Sonar.....	18
5. MÉTHODES DE MESURE.....	19
5.1. Mesure de la hauteur des boues au fond du bassin.....	19
5.1.1. Mesure directe.....	19
5.1.2. Mesure indirecte (mesure par différence).....	20
5.1.3. Prise de mesure indirecte avec la jauge à boues	21
5.2. Mesure de la hauteur totale.....	21
6. ÉVALUATION DU VOLUME DES BOUES	22
6.1. Calcul de la hauteur moyenne des boues dans l'étang	22
6.2. Calcul de la hauteur moyenne des boues dans les pentes	23
6.3. Calcul du volume des boues au fond de l'étang	24
6.4. Calcul du volume des boues dans les pentes des digues	24
7. VIDANGE DES BOUES	26
8. ÉCHANTILLONNAGE DES BOUES	27
8.1. But de l'échantillonnage	27
8.2. Méthodes d'échantillonnage.....	27
8.2.1. Méthode d'échantillonnage avec une jauge à boues.....	28
8.2.2. Méthode d'échantillonnage avec une benne à sédiments.....	28
8.3. Transmission des données d'analyse.....	29
9. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	29

Annexes

ANNEXE 1	EXEMPLES DE FICHES DE SUIVI	31
	Étang conventionnel.....	31
	Étang circulaire à parois verticales en béton.....	33
ANNEXE 2	EXEMPLES DE FORMULAIRES DISPONIBLES DANS SOMAE	35
	Mesure des boues - formulaire complété	35
	Vidange des boues - formulaire complété.....	36
	Analyse des boues - formulaire complété	37
	Disposition des boues stockées - formulaire complété	38
ANNEXE 3	PHOTOS ILLUSTRANT L'UTILISATION D'UNE JAUGE À BOUES.....	39
ANNEXE 4	GUIDE DE CONFECTION D'UN DISQUE LÉGER (ROUE DE VÉLO).....	40
	Pièces et matériel requis.....	40
	Étapes de confection.....	40
ANNEXE 5	CALCUL DU VOLUME DES BOUES.....	47
	Calcul du volume des boues dans un étang conventionnel (VOLÉTANG).....	47
	Volume des boues dans les pentes de l'étang (V pente)	48
	Calcul du volume des boues dans un étang conventionnel (Fond et pentes)	48
	Calcul du volume des boues dans un bassin circulaire à parois verticales en béton	50
	Calcul du volume total théorique de l'étang	51
	Calcul du pourcentage de boues par rapport au volume total de l'étang	52

Liste des tableaux

Tableau 1	Équipements utilisés pour la mesure des boues.....	9
Tableau 2	Positionnement d'un point de mesure à la mi-pente pour un étang conventionnel	12
Tableau 3	Nombre de points de mesure selon la superficie du fond du bassin pour un étang conventionnel.....	13
Tableau 4	Nombre de points de mesure pour un étang circulaire.....	14
Tableau 5	Équations pour le calcul de la superficie du fond de l'étang.....	14
Tableau 6	Fréquence des mesures des boues	15
Tableau 7	Exemple de mesures pour le calcul de la hauteur moyenne des boues	23
Tableau 8	Exemple de mesures pour le calcul de la hauteur moyenne des boues dans les pentes.....	24
Tableau 9	Exemple de calcul du volume des boues dans un étang conventionnel complet.....	25

Tableau 10 Exemple de feuille Excel pour le calcul du volume des boues dans un étang circulaire à parois verticales en béton	26
Tableau 11 Exemple de calculs pour obtenir le volume total des boues accumulées dans un bassin circulaire	51
Tableau 12 Exemple étang conventionnel	51
Tableau 13 Exemple étang circulaire à parois verticales en béton	51
Tableau 14 Exemples de calculs du pourcentage du volume occupé par les boues	52

Liste des figures

Figure 1 Illustration de l'ouverture et de la fermeture du clapet de la jauge à boues.....	16
Figure 2 Illustration de la sonde en milieu clair et en milieu opaque	17
Figure 3 Schématisation de la mesure indirecte de la hauteur des boues avec un disque léger	18
Figure 4 Schématisation de la mesure de la hauteur des boues à l'aide d'un sonar	18
Figure 5 Sonar à enregistrement en continu	19
Figure 6 Descente et remontée de la jauge lors d'une mesure directe	20
Figure 7 Descente et remontée de la jauge lors de la mesure indirecte.....	21
Figure 8 Mesure de la hauteur totale à l'aide d'une mire d'arpentage.....	22
Figure 9 Benne à sédiments	28
Figure 10 VOLÉTANG.....	47
Figure 11 Calcul du volume des boues dans le fond et dans les pentes de l'étang	48
Figure 12 Exemple de bassin circulaire.....	50

1. INTRODUCTION

Au Québec, 79 % des stations d'épuration municipales sont des étangs aérés ou des étangs non aérés. Après un certain nombre d'années d'exploitation, il y a une accumulation de boues dans ces étangs. Cette situation justifie la mise en place d'un système de suivi du volume des boues des étangs d'épuration pour déterminer leur période de vidange. Le suivi implique entre autres la mesure de la hauteur des boues accumulées dans les bassins. Ces mesures doivent être réalisées adéquatement et être représentatives car elles ont une influence directe sur les techniques de vidange et de disposition envisagées ainsi que sur l'estimation des coûts engendrés par ces opérations.

Il existe sur le marché quatre principaux types d'équipements de mesure du niveau des boues, soit le sonar, la sonde à cellule photoélectrique, le disque léger et la jauge à boues. Ces appareils sont présentés au tableau 1.

Tableau 1 Équipements utilisés pour la mesure des boues

	La jauge à boue « sludge judge »
	La sonde à cellule photoélectrique
	Le disque léger (roue de vélo)
	Le sonar

Le choix de l'équipement dépend de la précision recherchée. À cet effet, la jauge à boues doit être choisie en dernier recours, car celle-ci donne des résultats moins fiables que les autres appareils. Lors d'un suivi régulier, des mesures ponctuelles de niveaux de boues réalisées selon un quadrillage prédéterminé sont largement suffisantes, à condition que l'appareil de mesure soit utilisé adéquatement et qu'il ait une précision acceptable. Par contre, lorsqu'une vidange des boues est imminente, il est essentiel d'obtenir une évaluation plus précise du volume des boues accumulées dans l'étang, car cette estimation a une incidence sur la technique de soutirage, la disposition des boues ainsi que sur les coûts impliqués. La méthode d'utilisation de ces appareils est présentée à la section 4 du présent guide.

Ce guide traite des préparatifs liés à la prise de mesures et des recommandations quant à leur fréquence. Une section concerne l'utilisation des appareils de mesure présentés au tableau 1, ainsi que les méthodes de mesure préconisées. Vient ensuite la façon de calculer le volume des boues (à l'aide d'une feuille de calcul Excel), la façon d'analyser les résultats calculés puis les techniques d'échantillonnage des boues.

Finalement, la section annexe contient :

- Des exemples de fiches de suivi;
- Des exemples de formulaires pour la mesure, la vidange et l'analyse des boues;
- Des photos montrant l'utilisation d'une jauge à boues;
- Les étapes de confection d'un disque léger;
- Les exemples de calcul du volume des boues.

2. PRÉPARATIFS

Cette section fait un survol des préparatifs avant la mesure de la hauteur des boues dans les étangs. On y trouve :

- Un rappel des informations à connaître préalablement aux mesures, de l'équipement nécessaire et des règles de sécurité à respecter pour la prise de mesures;
- Les indications sur le nombre de points de mesure à prendre;
- De l'information sur les fiches à remplir.

2.1. Informations préalables

Le chapitre 2 du *Cahier des exigences environnementales*¹, les plans et le manuel d'exploitation de la station contiennent généralement les informations suivantes :

- Longueur et largeur au fond du bassin (étang conventionnel);
- Diamètre (étang circulaire à parois verticales);
- Longueur et largeur à la ligne d'eau (niveau normal d'opération);
- Profondeur d'eau à la mi-pente;
- Hauteur d'eau correspondant au niveau normal d'opération;
- Pente intérieure des digues (dans le cas des étangs conventionnels);
- Localisation et dimension de la trappe à sable (s'il y a lieu);
- Niveau du radier des conduites de sortie de chaque bassin;
- Proportion ou longueur de chaque cellule (dans le cas d'un rideau séparateur ou d'un muret en béton).

¹ Le *Cahier des exigences environnementales* est un document préparé par le MAMROT lors de l'émission de l'avis de conformité des ouvrages d'assainissement des eaux d'une municipalité.

2.2. Équipement

L'équipement requis pour la mesure du niveau des boues est le suivant :

- Chaloupe (ou toute autre petite embarcation sécuritaire), rames, veste de flottaison individuelle et autre équipement de protection individuelle (gants, imperméable, bottes, masque, lunettes, etc.);
- Appareil de mesure du niveau de boues, fiches de suivi (voir section 2.5) ou carnet de notes hydrofuge, pour inscrire les mesures qui serviront aux calculs;
- Ruban à mesurer, mire d'arpentage, repères, masse, piquets d'acier (ou autres supports);
- Des câbles et un tendeur peuvent aussi être nécessaires afin de stabiliser la chaloupe.

Peu importe la méthode de mesure choisie, une des plus grandes difficultés consiste à maintenir l'embarcation immobile pendant les mesures. Lorsque la vitesse du vent est faible, on peut réussir à la maintenir immobile avec les rames. Il est cependant fortement recommandé de stabiliser l'embarcation au moyen d'un câble fixé par des piquets d'acier et tendu entre chacune des rives de l'étang ou entre deux côtés opposés du bassin circulaire. Des précautions doivent être prises afin de ne pas endommager la structure de la digue, les conduites d'aération ou les fils électriques souterrains lors de la mise en place des piquets d'acier. Noter bien qu'il n'est pas recommandé d'utiliser un véhicule automobile de chaque côté de l'étang pour fixer le câble. En cas de rupture du câble à cause d'une mauvaise manœuvre d'un des conducteurs, une des extrémités du câble pourrait blesser les occupants de la chaloupe.

La chaloupe doit par la suite être dirigée vers le premier point de mesure, soit en se guidant au moyen des repères placés sur les digues, soit à l'aide des repères se trouvant sur le câble. Un trait de peinture en aérosol, un morceau de ruban adhésif en toile (Duct Tape) ou une attache autobloquante en nylon (Ty-Rap) peut servir de repère sur le câble. Il faut s'assurer que les repères restent en place lors des manœuvres pour les déplacements de la chaloupe ou du câble.

2.3. Sécurité

Pour des questions de sécurité, l'aération doit être arrêtée environ 30 minutes avant la prise de mesures. En effet, la présence de bulles d'air diminue la flottabilité d'un corps dans l'eau, ce qui pourrait entraîner des conséquences graves lors d'une chute accidentelle dans l'étang. L'arrêt de l'aération facilite également la décantation des boues en suspension.

Avant d'embarquer dans la chaloupe, il est essentiel de porter une veste de flottaison individuelle bouclée.

Autant pour des raisons pratiques que sécuritaires, il doit y avoir un minimum de deux personnes dans la chaloupe et une personne sur la rive, et ce, en tout temps lors de la mesure du niveau des boues.

Finalement, il est déconseillé d'effectuer des mesures avec une jauge à boues lorsque le niveau d'eau nécessite l'ajout d'une quatrième section de tube (étang de 4,1 m de profondeur et plus). La manipulation de l'appareil à l'intérieur d'une embarcation devient alors problématique et risquée. Dans le cas où la jauge serait tout de même utilisée, le port de lunettes de sécurité, d'un habit de pluie ainsi que de gants suffisamment longs pour recouvrir l'avant-bras par-dessus le vêtement imperméable est recommandé.

2.4. Quadrillage des étangs

Pour effectuer des mesures représentatives, il est recommandé de répartir uniformément les points de mesure selon un quadrillage, tout en évitant de mesurer trop près des diffuseurs d'air. Il est recommandé d'effectuer une série de mesures entre chaque ligne d'aération. La pose de repères sur le bord des étangs est nécessaire afin de bien localiser le quadrillage, surtout lorsque les lignes d'air ne sont pas visibles sur les berges. Il faut alors les mettre en place avant l'arrêt de l'aération.

Dans les étangs conventionnels, il se peut que les boues aient tendance à s'accumuler dans les pentes plutôt qu'au fond de l'étang. Ce phénomène est communément appelé « effet de beigne ». Il est donc nécessaire de prendre des mesures de hauteur des boues dans les pentes. Ces mesures supplémentaires doivent être effectuées en même temps que les mesures au fond de l'étang, puisqu'il suffit de diriger l'embarcation au niveau des berges en se guidant avec le câble. Il est particulièrement recommandé de prendre des mesures dans les pentes dans les cas suivants :

- Si l'on y suspecte la présence de boues : c'est le cas des étangs complètement mélangés (fort taux de brassage), des étangs ayant un nombre élevé de diffuseurs et des étangs où la superficie du fond est faible (largeur au fond de l'étang inférieure à 25 m);
- Si des boues sont visibles dans les pentes;
- Si l'on retrouve plus de 5 % de boues au fond de l'étang.

Il est recommandé d'effectuer des lectures à la demie des pentes de la section immergée, et ce, pour les quatre côtés du bassin. L'utilisation de la roue de vélo pour effectuer les mesures dans les pentes peut s'avérer ardue. Il serait judicieux d'utiliser une sonde à cellule photoélectrique pour ces mesures. Cet équipement peut être loué pour l'occasion. Ces mesures doivent être traitées séparément de celles faites dans le fond de l'étang pour le calcul du volume total des boues (voir section 6).

La localisation du point de mesure à la mi-pente est déterminée en fonction de la hauteur d'eau dans les bassins et de la pente des digues. (Voir tableau 2)

Tableau 2 Positionnement d'un point de mesure à la mi-pente pour un étang conventionnel

Calcul théorique de la distance du bord de l'eau au point de mesure (m)							
$Lp/2 = \frac{H_{\text{eau}} \times p}{2}$	où <table style="display: inline-table; vertical-align: middle; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="padding-right: 5px;">Lp</td> <td>= Longueur de la pente</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;">H_{eau}</td> <td>= Hauteur d'eau au niveau normal d'opération</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;">p</td> <td>= Pente des digues</td> </tr> </table>	Lp	= Longueur de la pente	H_{eau}	= Hauteur d'eau au niveau normal d'opération	p	= Pente des digues
Lp	= Longueur de la pente						
H_{eau}	= Hauteur d'eau au niveau normal d'opération						
p	= Pente des digues						
Exemple de calcul de la distance du bord de l'eau au point de mesure (m)							
$Lp/2 = \frac{3,5 \text{ m} \times 3}{2} = 5,25 \text{ m}$	où <table style="display: inline-table; vertical-align: middle; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="padding-right: 5px;">H_{eau}</td> <td>= 3,5 m</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;">p</td> <td>= 3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>si 3 horizontal : 1 Vertical (3 :1)</td> </tr> </table>	H_{eau}	= 3,5 m	p	= 3		si 3 horizontal : 1 Vertical (3 :1)
H_{eau}	= 3,5 m						
p	= 3						
	si 3 horizontal : 1 Vertical (3 :1)						

Peu importe le type d'étang aéré (conventionnel ou circulaire), il est important de tenir compte de la zone de décantation lors de la prise de mesure. En effet, dans le dernier bassin, il y a une zone sans aération près des conduites de sortie où l'accumulation des boues est favorisée. Il faut donc apporter une attention particulière à cette zone, plus particulièrement dans les dix mètres immédiatement en amont des conduites de sortie.

2.5. Nombre de points de mesures

Pour tenir compte de la grande variation dans les dimensions des étangs, un nombre minimal de points de mesure a été établi en fonction de la superficie du fond de l'étang. Le tableau 3 présente le nombre minimal de points de mesure à prendre.

Tableau 3 Nombre de points de mesure selon la superficie du fond du bassin pour un étang conventionnel

Superficie du fond du bassin (m ²)	Nombre minimal de points de mesure au fond	Nombre minimal de points de mesure dans les pentes	Nombre minimal total de points de mesure
< 1000	10	10	20
Entre 1000 et 2000	18	12	30
Entre 2000 et 3000	32	16	48
Entre 3000 et 4000	45	18	63
Entre 4000 et 5000	50	20	70
5000 et plus	Il est recommandé d'utiliser un sonar en continu		

Pour les étangs conventionnels, une série de mesures doit être réalisée entre chaque ligne d'aération. Un minimum de deux mesures est requis par série de mesures et un maximum de 10 m doit séparer les mesures.

Dans la zone de décantation du dernier bassin de la série, les lignes de points de mesure doivent toutes être espacées également. Il est recommandé d'utiliser la largeur qui sépare deux lignes d'aérateur de fond comme référence afin de répartir uniformément les points de mesures.

Dans le cas des étangs non aérés, les lignes de mesure doivent aussi être espacées de la même distance afin de répartir les points uniformément dans le bassin. De plus, la distance maximale entre deux points ne doit pas dépasser 25 m.

En ce qui concerne les étangs circulaires, le pourcentage de la surface occupée par la cellule détermine le nombre de points de mesures à effectuer (voir tableau 4). De plus, les mesures doivent être effectuées à au moins 1,5 m de la paroi de béton ou du rideau séparateur. Néanmoins, il est recommandé de s'approcher le plus près possible de la conduite d'effluent afin d'être en mesure d'évaluer le niveau de boues réel à proximité de celle-ci.

Le tableau 5 présente les formules utilisées pour calculer la superficie du fond d'un étang conventionnel et d'un étang circulaire à parois verticales.

Tableau 4 Nombre de points de mesure pour un étang circulaire

% occupé par la cellule dans le bassin	Nombre minimal de points de mesure par cellule
25	8
50	14
Zone de décantation de l'étang	12

Tableau 5 Équations pour le calcul de la superficie du fond de l'étang

Calcul de la surface du fond de l'étang (m ²)	
Étang conventionnel	Étang circulaire à parois verticales
$L \times l$ L = longueur du fond de l'étang (m) l = largeur du fond de l'étang (m)	$\frac{\pi \times D^2}{4}$ D = diamètre intérieur de l'étang (m)

2.6. Prise de mesures

Un modèle de fiche personnalisée pour noter les résultats lors de la prise de mesures est disponible auprès du Ministère. Ces fiches montrent un croquis de l'étang sur lequel il est possible de localiser les points de mesure. Il ne reste qu'à y inscrire les hauteurs de boues mesurées aux différents points. Des exemples de fiches de suivi complétées sont fournis à l'Annexe 1.

Le formulaire « MESURES DES BOUES », disponible dans la rubrique « AUTRES FORMULAIRES » de SOMAE, permet de compiler des informations à chaque mesure d'accumulation de boues. Un exemple de formulaire complété est présenté à l'Annexe 2.

Les résultats de la mesure de hauteur des boues doivent être transmis au Ministère dans les plus brefs délais par télécopieur ou par courriel. Le formulaire « MESURE DES BOUES » doit également être rempli dans SOMAE le plus tôt possible.

3. FRÉQUENCE DES MESURES

Le programme de suivi exige que les propriétaires des stations d'épuration de type étangs aérés et étangs non aérés procèdent à une mesure d'accumulation des boues selon la fréquence présentée au tableau 6.

Tableau 6 Fréquence des mesures des boues

Type	Fréquence
Étang aéré - Les premiers bassins	1 fois par 3 ans ET 1 fois par an dès que le volume occupé par les boues dépasse 10 % du volume liquide du bassin
- Le dernier bassin	1 fois par 3 ans ET 1 fois par an dès que le niveau des boues se situe à un mètre sous le radier de la conduite de sortie ET dès que le volume occupé par les boues dépasse 10 % du volume liquide du bassin
- Étang non aéré	1 fois par 5 ans

4. DESCRIPTION ET UTILISATION DES APPAREILS DE MESURE

La section qui suit présente quatre appareils de mesure, soit la jauge à boues, la sonde à cellule photoélectrique, le disque léger et le sonar. Une brève explication de leur fonctionnement est donnée avec leur mode d'utilisation.

4.1. Jauge à boues

La jauge à boues est un appareil très rudimentaire qui permet d'évaluer sommairement la quantité des boues accumulées dans un étang. Son utilisation n'est plus recommandée par le Ministère, mais elle est tolérée puisque cette méthode est peu dispendieuse et relativement simple. La jauge à boues est constituée de plusieurs sections de tube transparent de 2,54 cm (1 po) de diamètre. Chaque section mesure 1,52 m (5 pi) et comporte des graduations à tous les 0,3 m (1 pi). La section inférieure est munie d'un clapet à bille qui se referme lors de la remontée de la jauge. Lors de l'utilisation de cet instrument, il est important de vérifier avec un ruban à mesurer la graduation de la jauge une fois assemblée, car des erreurs de graduation ont été observées sur plusieurs de ces instruments.

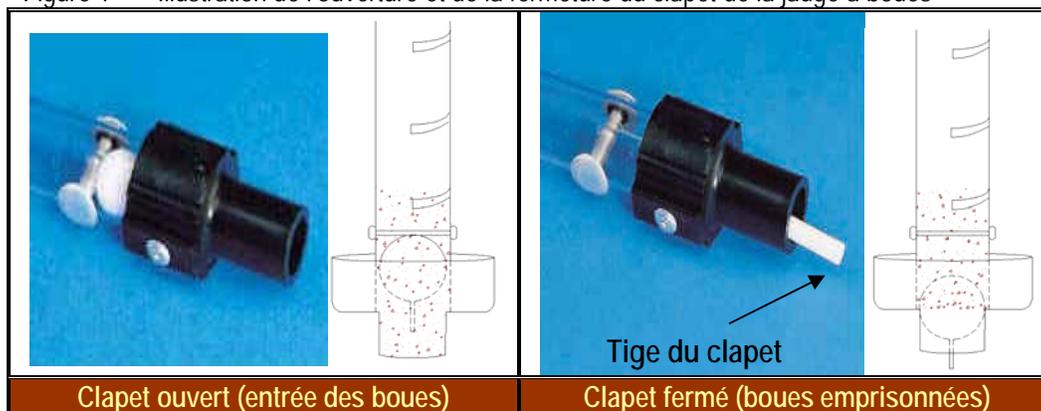
Cet appareil permet d'effectuer une mesure directe ou indirecte du niveau des boues. Ces deux méthodes sont présentées à la section 5.1. Les étapes d'utilisation de la jauge sont les suivantes (même procédure pour mesure directe et indirecte) :

- Descendre la jauge lentement et à vitesse constante dans l'étang.
Il est très important de procéder le plus verticalement possible pour éviter de fausser la mesure. Il faut également éviter les mouvements de va-et-vient (de haut en bas) avec la jauge, car cela pourrait aspirer des boues à l'intérieur.
- Lors de la descente, le clapet à bille s'ouvre et laisse entrer l'eau et les boues à l'intérieur du tube (si ces dernières ne sont pas trop compactes). Vérifier que le clapet demeure ouvert en s'assurant que le niveau d'eau à l'intérieur et à l'extérieur de la jauge est égal;

- À la fin de la descente, tirer légèrement sur la jauge. Cela a pour effet de fermer le clapet et de retenir le mélange liquide-boues à l'intérieur;
- Lors de la remontée de la jauge, s'assurer que le clapet à bille demeure fermé. Si tel est le cas, le niveau d'eau à l'intérieur de la jauge demeure constant;
- Lorsque la jauge est totalement sortie de l'eau, noter sur la fiche de suivi le niveau des boues piégées en se référant aux graduations sur l'instrument;
- Avant de prendre une nouvelle mesure, vider complètement la jauge. Pour ce faire, appuyer la tige du clapet à bille sur une surface solide de manière à ce que le clapet s'ouvre;
- Au besoin, répéter la mesure une fois au même endroit afin de valider le résultat.

Par expérience, le Ministère recommande d'utiliser la méthode de mesure indirecte (décrite à la section 5.1.2), car il s'agit d'une méthode plus précise et elle permet d'éviter des erreurs de lectures causées par une aspiration de boues lors de la descente de la jauge ou de perte de boues lors de sa remontée. La figure 1 montre l'extrémité d'une jauge à boues lorsque le clapet est ouvert et lorsqu'il est fermé.

Figure 1 Illustration de l'ouverture et de la fermeture du clapet de la jauge à boues



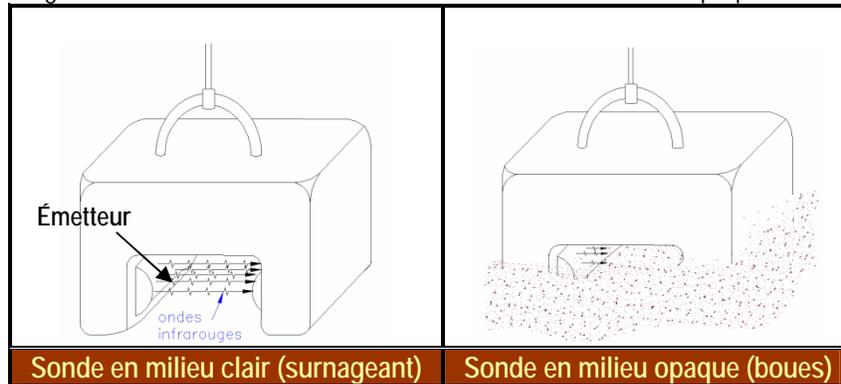
4.2. Sonde à cellule photoélectrique

La sonde à cellule photoélectrique est un instrument de mesure utilisé pour détecter le niveau du voile de boues. Il s'agit d'une mesure indirecte de la hauteur des boues (voir section 5.1.2). Cet appareil est constitué d'un câble gradué aux 10 cm et auquel est attachée une cellule photoélectrique montée sur un support. Ce type d'appareil accélère la prise de mesures et offre une précision supérieure à celle de la jauge à boues.

Le fonctionnement de la sonde se base sur le principe suivant : une source d'ondes infrarouges (émetteur) située d'un côté de la sonde émet des ondes infrarouges dont l'intensité est mesurée par une cellule photoélectrique (récepteur) placée de l'autre côté.

La figure 2 illustre le fonctionnement de la sonde.

Figure 2 Illustration de la sonde en milieu clair et en milieu opaque



Pour l'utilisation de la sonde, procéder selon les étapes suivantes :

- Mettre la sonde en marche et la plonger dans l'étang. L'appareil émet alors des signaux sonores ou visuels et selon de cas, intermittents ou réguliers. Ces signaux indiquent que la cellule se situe dans un milieu relativement clair. La cellule peut aussi avoir été calibrée de façon à ne pas réagir en présence de matières en suspension ou encore être munie d'un contrôleur de sensibilité ajustable;
- Quand le signal émis par l'appareil change (sonnerie plus rapide par exemple), la cellule a atteint le voile de boues (celui-ci est trop opaque pour permettre le passage des ondes infrarouges);
- Il suffit alors de lire sur le câble la profondeur à laquelle la cellule se situe en se servant des graduations;
- Calculer la hauteur des boues selon la méthode indirecte (section 5.1.2).

4.3. Disque léger

Le disque léger (ou roue de vélo) est un appareil de confection artisanale qui mesure la profondeur du voile de boues. Cet appareil effectue une mesure indirecte de la hauteur de boues (section 5.1.2). Un guide de confection d'un disque plat léger est disponible à l'annexe 4.

L'utilisation d'un disque léger est avantageuse, car elle est abordable et donne des résultats précis. Elle n'est cependant pas bien adaptée pour effectuer des mesures dans les pentes des digues.

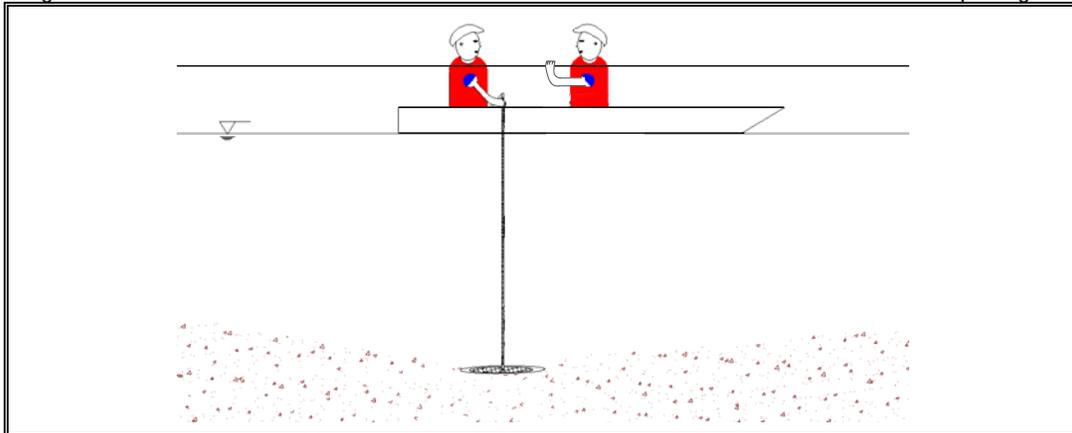
Le fonctionnement de cet appareil s'appuie sur le principe suivant : la roue de vélo est suffisamment lourde pour s'enfoncer dans l'eau, mais pas assez pour traverser les boues.

Pour mesurer le niveau de boues avec cet appareil, procéder selon les étapes suivantes :

- Laisser descendre lentement la roue horizontalement dans l'étang de manière à ce qu'elle ne vacille pas;
- Lorsqu'il n'y a plus de tension perceptible dans le ruban à mesurer, le disque est appuyé sur les boues;
- Il ne reste plus qu'à lire sur le ruban la profondeur à laquelle la roue s'est stabilisée;
- Calculer la hauteur des boues selon la méthode de calcul indirecte (section 5.1.2).

La figure 3 schématise la prise de mesure avec un disque léger.

Figure 3 Schématisation de la mesure indirecte de la hauteur des boues avec un disque léger

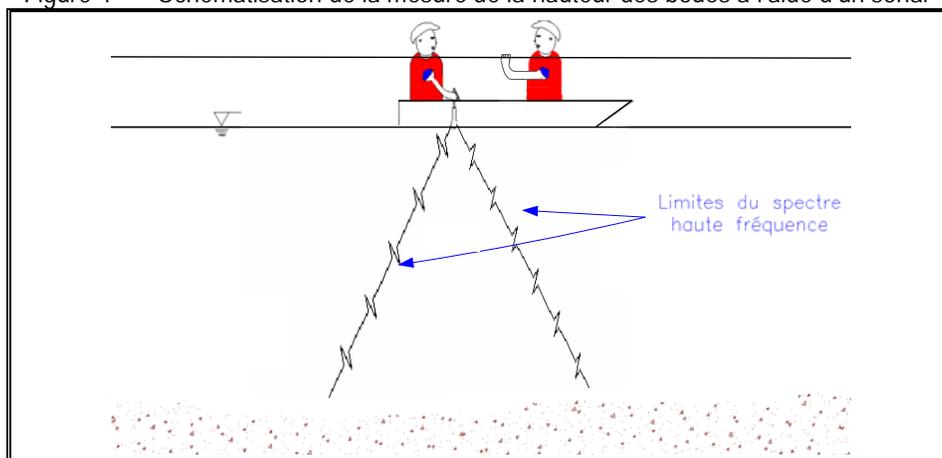


4.4. Sonar

Lorsque des résultats plus détaillés sont attendus, le sonar devient une option très intéressante. En effet, il permet d'obtenir un profil du niveau des boues dans l'étang et ainsi d'évaluer avec une meilleure précision le volume qu'elles occupent. Par contre, cet appareil est beaucoup plus coûteux que les autres et son utilisation nécessite une certaine expertise. C'est pour cette raison que la majorité des municipalités ont recours aux services de firmes spécialisées pour des mesures au sonar.

La majorité des appareils utilisés sont des sonars équipés d'une sonde à spectre large. Pour déterminer la profondeur à laquelle se trouve le voile de boues, la sonde, fixée à l'embarcation, émet un signal haute-fréquence qui est réfléchi par le voile de boues. La profondeur du voile de boues est par la suite calculée à partir du temps nécessaire pour que le signal fasse le trajet « sonar-voile de boues-sonar ». Les lectures peuvent ensuite être gardées en mémoire dans l'appareil ou reproduites graphiquement sur papier, selon le type d'appareil utilisé. Présentement, deux méthodes sont utilisées. L'une fait usage du sonar avec une série de points multiples et la seconde utilise le sonar en traçant une ligne de points en continu. Cette dernière permet une meilleure précision lors du calcul du volume. La figure 4 illustre un spectre émis par le sonar.

Figure 4 Schématisation de la mesure de la hauteur des boues à l'aide d'un sonar



La figure 5 montre l'écran graphique d'un sonar.

Figure 5 Sonar à enregistrement en continu



Les étapes d'utilisation d'un sonar ne sont pas détaillées puisqu'un personnel spécialisé s'occupe généralement de prendre les mesures.

5. MÉTHODES DE MESURE

Cette section explique comment effectuer la mesure de la hauteur des boues, que ce soit par mesure directe ou indirecte, et comment mesurer la hauteur totale du bassin.

Lors de la mesure de la hauteur des boues dans les étangs, il est important de vérifier s'il y a accumulation de boues dans le regard d'effluent du dernier étang. Une accumulation importante de boues dans ce regard peut indiquer qu'il y a entraînement de boues à l'effluent (à condition de l'avoir vidangé au cours des deux dernières années).

5.1. Mesure de la hauteur des boues au fond du bassin

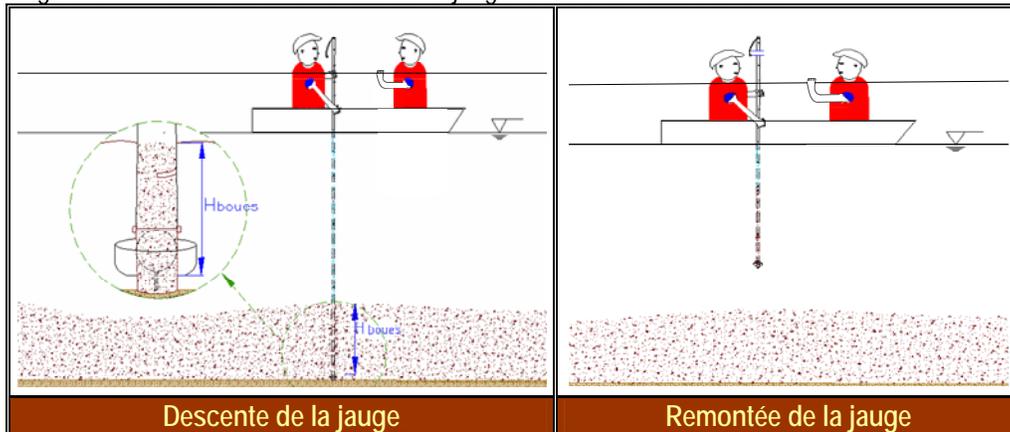
Il est à noter que la méthode de mesure indirecte est préférable à la méthode directe, car elle donne des résultats plus fiables.

5.1.1. Mesure directe

La jauge à boues est un des appareils permettant de prendre une mesure directe. Une mesure directe peut être effectuée lorsqu'il y a peu d'accumulation de boues dans l'étang ou lorsque celles-ci sont peu compactes (boues de déphosphatation). Il est très important que la jauge soit enfoncée jusqu'au fond du bassin pour éviter une lecture erronée de la hauteur de boues. Lors de la remontée, une lecture directe de la hauteur de boues accumulées (H_{boues}) est faite à l'aide de la jauge. Cette lecture doit être notée sur la fiche de suivi personnalisée au point de mesure correspondant.

Les deux schémas de la figure 6 illustrent une mesure directe de la hauteur de boues.

Figure 6 Descente et remontée de la jauge lors d'une mesure directe



ATTENTION : Il arrive fréquemment que le clapet à bille de la jauge à boues se bloque en position ouverte lors de la remontée de l'appareil et laisse ainsi écouler un mélange de boues et de liquide. Si tel est le cas, enlever le matériel qui obstrue le clapet et reprendre la mesure.

5.1.2. Mesure indirecte (mesure par différence)

Comme mentionnée précédemment, cette méthode s'applique à la sonde à cellule photoélectrique, au disque léger, au sonar et dans certains cas, à la jauge à boues. La méthode de mesure par différence consiste à mesurer la hauteur d'eau au-dessus des boues (H_{eau}) pour en déduire la hauteur des boues (H_{boues}) par différence avec la hauteur totale du bassin (H_{totale}). La section 5.2 montre comment mesurer la hauteur totale du bassin. La hauteur des boues se calcule à l'aide de l'équation suivante :

$$H_{\text{boues}} = H_{\text{totale}} - H_{\text{eau}}$$

Où H_{boues} = Hauteur des boues (m)

H_{totale} = Hauteur totale (eau + boues) (m)

H_{eau} = Hauteur d'eau au-dessus des boues (m)

Par exemple, pour une hauteur totale de 3,6 m et une hauteur d'eau de 3,2 m, on obtient :

$$H_{\text{totale}} = 3,6 \text{ m}$$

$$H_{\text{eau}} = 3,2 \text{ m}$$

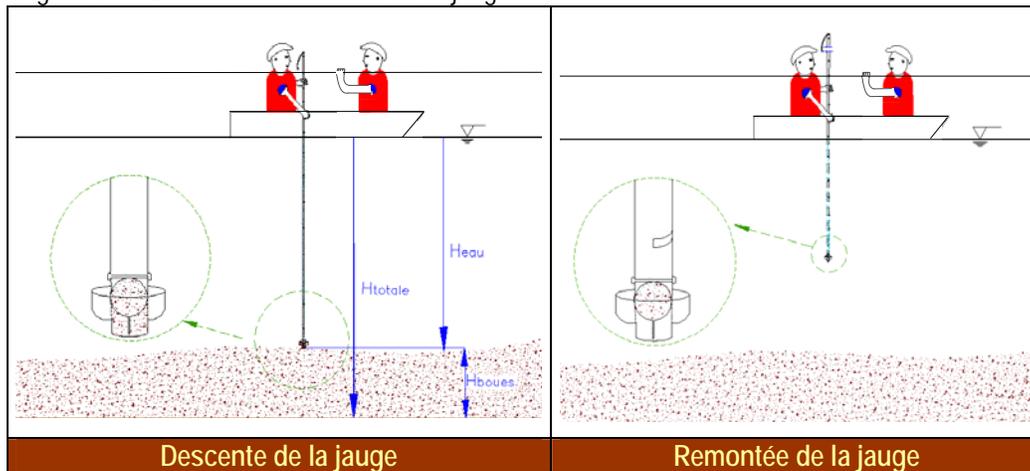
$$H_{\text{boues}} = 3,6 \text{ m} - 3,2 \text{ m} = 0,4 \text{ m}$$

La hauteur des boues serait donc de 0,4 m

5.1.3. Prise de mesure indirecte avec la jauge à boues

Il faut premièrement descendre la jauge dans l'étang en quelques essais pour trouver le niveau supérieur des boues. Il y a alors une petite quantité de boue emprisonnée dans la partie inférieure de la jauge, comme le montre la figure 7. Il faut alors vider cette portion et recommencer en tentant de ne pas dépasser la surface des boues. La hauteur de boue dans la jauge ne devrait jamais dépasser 5 cm. Lorsque le niveau supérieur des boues est atteint, il faut noter la hauteur sur la jauge au niveau de l'eau. Cette donnée correspond à H_{eau} .

Figure 7 Descente et remontée de la jauge lors de la mesure indirecte

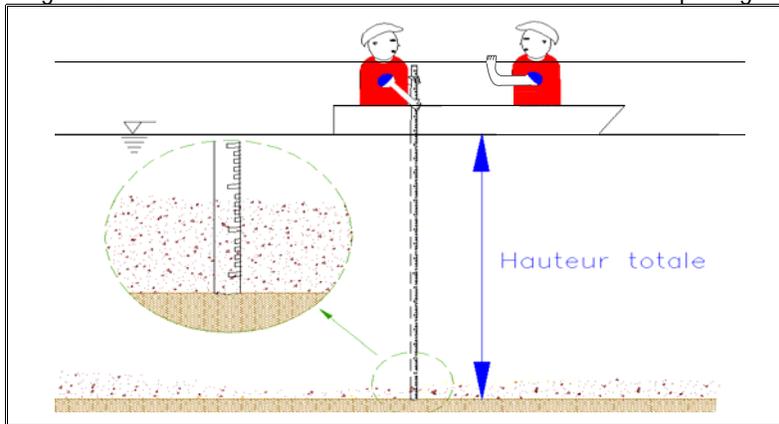


5.2. Mesure de la hauteur totale

Il est essentiel de mesurer la hauteur totale directement dans l'étang (à chaque point de mesure) à l'aide d'une tige rigide graduée (mire d'arpentage) plutôt que de se référer uniquement au *Cahier des exigences environnementales* ou aux plans de construction. En effet, les valeurs réelles peuvent différer des données de conception. Il est d'ailleurs recommandé d'effectuer ce relevé pour chaque point de mesures dans le bassin ou dans la pente du bassin. Dans ce dernier cas, il est important de se référer au tableau 2 afin d'être en mesure d'effectuer la mesure du niveau de boues exactement au centre de la pente. Le calcul du volume occupé par les boues dans les pentes pourrait s'en trouver affecté.

Il est conseillé d'effectuer la mesure de la hauteur totale après celle de la hauteur d'eau au-dessus des boues, car la mesure de la profondeur réelle de l'étang peut entraîner une perturbation locale non négligeable au niveau du voile de boues. La figure 8 illustre la mesure de la hauteur totale d'un bassin.

Figure 8 Mesure de la hauteur totale à l'aide d'une mire d'arpentage



6. ÉVALUATION DU VOLUME DES BOUES

Afin d'évaluer le volume des boues dans un étang, il est d'abord nécessaire de calculer une hauteur moyenne des boues, comme expliquée à la section 6.1. Ensuite, avec la hauteur moyenne des boues et les données de la section 2.1 Informations préalables, il est possible de calculer le volume des boues en utilisant le modèle de feuille de calcul Excel montré à la section 6.3.

Les calculs détaillés du volume des boues, utilisés dans le modèle, sont présentés à l'Annexe 5. Ceux-ci sont montrés séparément pour les étangs conventionnels et pour les étangs circulaires à parois verticales en béton.

6.1. Calcul de la hauteur moyenne des boues dans l'étang

Il s'agit d'additionner les hauteurs de boues mesurées au fond du bassin uniquement et de diviser cette somme par le nombre de points de mesure, comme montrée avec l'équation suivante :

$$H_{\text{moy. boues}} = \frac{\sum H_{\text{boues fond}}}{n}$$

Où $H_{\text{moy. boues}}$ = Hauteur moyenne des boues dans le bassin (m)

$\sum H_{\text{boues fond}}$ = Somme des mesures de hauteur de boues (m)

n = Nombre de points de mesure

Le tableau 7 donne un exemple de différentes hauteurs mesurées utilisées pour calculer la hauteur moyenne des boues au fond du bassin. La moyenne des hauteurs mesurées dans les pentes doit être traitée séparément.

Tableau 7 Exemple de mesures pour le calcul de la hauteur moyenne des boues

Point de mesure (au fond de l'étang)	Hauteur mesurée (m)
1	0,36
2	0,41
3	0,33
4	0,23
5	0,28
6	0,26
7	0,46
8	0,38
9	0,20
10	0,36
11	0,33
12	0,23
TOTAL	3,83

On a donc
$$H_{\text{moy.bouefond}} = \frac{\sum H_{\text{bouesfond}}}{n} = \frac{3,83}{12} = 0,32 \text{ m}$$

La hauteur moyenne est donc de 0,32 m dans ce cas-ci.

6.2. Calcul de la hauteur moyenne des boues dans les pentes

Il s'agit d'additionner les hauteurs de boues mesurées dans la mi-pente du bassin uniquement et de diviser cette somme par le nombre de points de mesure, comme montrée avec l'équation suivante :

$$H_{\text{moy. boues pentes}} = \frac{\sum H_{\text{boues pentes}}}{n}$$

Où $H_{\text{moy. boues pentes}}$ = Hauteur moyenne des boues dans les pentes(m)
 $\sum H_{\text{boues pentes}}$ = Somme des mesures de hauteur de boues (m)
 n = Nombre de points de mesure

Le tableau 8 donne un exemple de différentes hauteurs mesurées utilisées pour calculer la hauteur moyenne des boues dans la pente du bassin. (La moyenne des hauteurs mesurées dans les pentes doit être traitée séparément).

Tableau 8 Exemple de mesures pour le calcul de la hauteur moyenne des boues dans les pentes

Point de mesure (dans les pentes de l'étang)	Hauteur mesurée (m)
1	0,18
2	0,20
3	0,17
4	0,11
5	0,14
6	0,13
7	0,23
8	0,19
9	0,20
10	0,18
TOTAL	1,94

On a donc
$$H_{\text{moy boues fond pentes}} = \frac{\sum H_{\text{boues pentes}}}{n} = \frac{1,73}{10} = 0,17 \text{ m}$$

La hauteur moyenne est donc de 0,17 m dans ce cas-ci.

6.3. Calcul du volume des boues au fond de l'étang

Les calculs du volume des boues au fond de l'étang sont détaillés à l'annexe 5. Afin de faciliter les calculs du volume des boues, un fichier Excel est disponible dans le site Internet du Ministère dans la rubrique « Infrastructures ». Les étapes d'utilisation du fichier sont les suivantes :

- Sélectionnez le type d'étang à l'aide des onglets situés dans le bas de chaque feuille de calcul;



- Les valeurs demandées doivent être saisies dans les cellules vertes;
- Les résultats des calculs sont affichés dans les cellules blanches du tableau dès que les valeurs demandées sont saisies.

6.4. Calcul du volume des boues dans les pentes des digues

La section 2.4 faisait mention de la nécessité de prendre des mesures dans les pentes des étangs. Le volume des boues dans les pentes se calcule comme suit :

- Calculer l'aire moyenne des boues dans les pentes (trapèze et triangle);
- Calculer la hauteur moyenne des boues (mesures prises à la mi-pente);
- Multiplier cette aire par le périmètre moyen.

Dans certains cas, le volume des boues accumulé dans les pentes sera plus important que celui au fond de l'étang (voir Annexe 5 pour exemple de calcul).

ATTENTION : Les volumes de boues calculés à l'aide de cette formule sont approximatifs. Le fait de tenir compte du volume occupé par les boues contenues dans les pentes engendre une augmentation considérable du pourcentage de boues dans l'étang. Cela est d'autant plus vrai pour les petits bassins d'épuration dont la largeur au fond est inférieure à 30 m. Pour une évaluation plus précise avant une vidange des boues, il est recommandé de confier un mandat à une firme spécialisée qui utilise un sonar avec des lectures en continu.

NOTE : Les valeurs saisies doivent être en système métrique. Les calculs effectués par Excel sont expliqués à l'Annexe 5.

Les tableaux 9, 10 et 11 sont des exemples de feuilles de calcul complétées.

Tableau 9 Exemple de calcul du volume des boues dans un étang conventionnel complet

ÉTANG CONVENTIONNEL (fond + pente)

Longueur au fond de l'étang	57 m
Largeur au fond de l'étang	20 m
Longueur de l'étang à la ligne d'eau	78 m
Largeur de l'étang à la ligne d'eau	41 m
Profondeur d'eau dans l'étang	3,5 m
Pente des digues	3 /1
Hauteur des boues au fond de l'étang	0,40 m
Hauteur des boues dans la pente de l'étang	0,10 m
Volume des boues accumulées dans les pentes	525 m³
Volume des boues accumulées au fond de l'étang	456 m³
Volume des boues dans l'étang	981 m³
Volume total (eau et boues) de l'étang	7334 m³
% des boues accumulées dans l'étang	13,4 %

Remarque :

Si la hauteur des boues dans la pente de l'étang est plus petite ou égale à 0,05 m, le calcul du volume des boues dans l'étang est fait avec la formule « Volétang » (voir annexe 5).

Pour le calcul du volume occupé par les boues dans un bassin où il y a présence d'un rideau séparateur, il suffit de diviser le volume de boues par deux à la condition que le rideau sépare le bassin dans des proportions égales (50 %).

Tableau 10 Exemple de feuille Excel pour le calcul du volume des boues dans un étang circulaire à parois verticales en béton

	Diamètre de l'étang	27,4 m
	Profondeur d'eau dans l'étang	4,0 m
	Volume total (eau et boues) de l'étang	2 359 m³
Cellule 1	Hauteur des boues dans la cellule 1	0,2 m
	% occupé par la cellule 1	25 %
	Volume des boues accumulées dans la cellule 1	28 m³
	% des boues accumulées dans la cellule 1	4,8 %
Cellule 2	Hauteur des boues dans la cellule 2	0,1 m
	% occupé par la cellule 2	25 %
	Volume des boues accumulées dans la cellule 2	19 m³
	% des boues accumulées dans la cellule 2	3,3 %
Cellule 3	Hauteur des boues dans la cellule 3	0,8 m
	% occupé par la cellule 3	50 %
	Volume des boues accumulées dans la cellule 3	245 m³
	% des boues accumulées dans la cellule 3	20,8 %
Cellule 4	Hauteur des boues dans la cellule 4	m
	% occupé par la cellule 4	%
	Volume des boues accumulées dans la cellule 4	---- m³
	% des boues accumulées dans la cellule 4	---- %
	Volume total des boues accumulées dans l'étang	292 m³
	% des boues accumulées dans l'étang	12,4 %

7. VIDANGE DES BOUES

Les facteurs suivants peuvent indiquer la nécessité prochaine de vidanger les boues de l'étang ou de la cellule :

- Si la qualité de l'effluent se dégrade;
- Si le pourcentage de boues approche 15 % du volume total théorique de l'étang ou d'une cellule, ce qui a pour effet de diminuer le temps de rétention des eaux usées;
- Si le système de traitement ne permet plus la nitrification en période estivale;
- Si le niveau des boues est à moins de 0,5 m du niveau du radier de la conduite de sortie du dernier bassin pour une station de type étangs aérés conventionnels;
- Si le niveau des boues est à moins de 1 m du niveau du radier de la conduite de sortie du dernier bassin pour une station de type à parois verticales surtout s'il y a présence d'un aérateur à proximité de la conduite d'effluent. Quelques cas ont démontré un accroissement des concentrations en matières en suspension (MES) à l'effluent même à partir de cette hauteur. Il est suggéré de suivre de près ce paramètre. Le rehaussement du niveau du radier de la conduite d'effluent peut s'avérer une solution pour retarder temporairement la vidange des boues. Le niveau du radier peut être rehaussé à la condition qu'il y ait un minimum d'un mètre d'eau au-dessus du radier de cette conduite afin de garantir l'écoulement de l'eau en hiver. Le radier de la conduite d'effluent des certaines stations d'épuration à paroi verticale en béton est ramené au ras de l'eau grâce à un dispositif isolé permettant l'écoulement de l'eau vers l'émissaire même durant la période hivernale. Cet équipement est fixé à la paroi de béton afin de l'empêcher de se soulever par le gel. Ce système assure une meilleure rétention des boues dans le bassin.

- S'il y a une accumulation importante de boues dans le regard d'effluent;
- Si des remontées de boues surviennent fréquemment dans l'étang ou dans la cellule;
- S'il n'y a plus d'accroissement de l'épaisseur de boues entre deux séquences de mesures aux trois ans.

LORSQU'UNE VIDANGE EST ENVISAGÉE, IL EST ESSENTIEL DE SE RÉFÉRER À LA VERSION LA PLUS RÉCENTE DU *GUIDE SUR LA VALORISATION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES FERTILISANTES*², PRODUIT PAR LE MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). CE GUIDE PRÉSENTE LES EXIGENCES DU MINISTÈRE EN MATIÈRE DE VALORISATION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES (ANALYSES REQUISES, TENEURS LIMITES, CLASSIFICATION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES FERTILISANTES, DEMANDE DE CERTIFICAT D'AUTORISATION, ETC.).

8. ÉCHANTILLONNAGE DES BOUES

8.1. But de l'échantillonnage

Lorsque la valorisation des boues est envisagée, il est nécessaire de se référer au *Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes*², produit par le MDDEP afin de déterminer le nombre de prélèvements requis en fonction du volume des boues à valoriser.

Toutes les analyses doivent être faites par un laboratoire accrédité par le MDDEP.

Pour que la valorisation par épandage sur les terres agricoles soit possible, il faut que les boues respectent les critères relatifs à la valorisation des boues de stations d'épuration. Il faut aussi des conditions favorables de proximité et de disponibilité des champs d'épandage. Dans les régions à forte densité d'élevage porcin, la recherche peut s'avérer vaine. En fin de compte, c'est le MDDEP qui statuera sur la faisabilité de la valorisation des boues avant d'émettre ou non un certificat d'autorisation. Les boues classées « hors catégorie » doivent être déshydratées puis envoyées dans un lieu d'enfouissement sanitaire.

Cette dernière solution peut s'avérer plus onéreuse que la valorisation. Par conséquent, il est fortement recommandé à la municipalité d'appliquer le programme de suivi pour planifier la méthode de disposition des boues.

Toutefois, si l'enfouissement sanitaire s'avère la seule solution envisageable, aucun résultat d'analyse n'est requis sauf si exigé par les propriétaires du site d'enfouissement.

8.2. Méthodes d'échantillonnage

Dans le cas où l'échantillonnage des boues est requis, il est possible d'utiliser la jauge à boue ou une benne à sédiments. La jauge à boues peut être utilisée pour échantillonner les boues si ces dernières

² Le guide est téléchargeable en format PDF à l'adresse suivante :
http://www.mddep.gov.qc.ca/matieres/mat_res/fertilisantes/critere/index.htm

ne sont pas trop compactes. Dans le cas contraire, une benne à sédiments est plus appropriée. D'autres types de bennes peuvent également être utilisés, comme une benne équipée d'un messenger, mais seuls les deux premiers outils seront présentés ici.

Quel que soit le type d'échantillonneur utilisé, il faut toujours préparer un échantillon composé d'au moins cinq prélèvements ayant chacun un volume égal et provenant d'endroits différents dans l'étang. La série d'analyses demandées sur les boues permet :

- D'avoir une connaissance de la qualité des boues;
- D'observer les variations de la qualité des boues;
- De fournir un préavis sur le mode d'élimination possible.

8.2.1. Méthode d'échantillonnage avec une jauge à boues

Voici les étapes à suivre lors de l'échantillonnage avec une jauge à boues.

Enfoncer la jauge dans les boues jusqu'au fond de l'étang;

Remonter la jauge à la surface;

Récupérer dans un premier récipient la partie solide seulement; vider dans l'étang le reste du liquide contenu dans la jauge (voir section 4.1);

Prélever un volume de boue prédéterminé à partir du premier récipient (200 à 250 ml). Ce volume doit être identique pour tous les prélèvements;

Conserver ce prélèvement dans un second récipient;

Rincer le premier récipient avant de passer au point de prélèvement suivant;

Répéter les étapes 1 à 6 inclusivement pour chaque prélèvement;

Mélanger tous les prélèvements dans le second récipient pour former un échantillon homogène;

Remplir les bouteilles du laboratoire.

8.2.2. Méthode d'échantillonnage avec une benne à sédiments

Cet appareil est composé d'une petite benne fixée à un câble d'acier. La benne est constituée de deux mâchoires dont l'ouverture et la fermeture s'effectuent sous l'action d'un crochet. Les deux mâchoires sont munies de trous pour évacuer l'air trappé dans les mâchoires pendant la descente. Sans ce dispositif, l'air s'échapperait au moment du prélèvement, ce qui provoquerait une perturbation de l'échantillon. La figure 9 montre une benne à sédiments.

Figure 9 Benne à sédiments



Les étapes d'utilisation de la benne sont les suivantes :

1. Ouvrir les mâchoires de la benne et les maintenir dans cette position à l'aide du crochet lors de la descente. Pour s'assurer que le crochet demeure en place, la benne doit être descendue à un rythme lent et régulier;
2. Désengager le crochet, en tirant sur le câble auquel il est rattaché, dès que les mâchoires touchent le voile de boues;
3. Tirer sur la corde afin de refermer les mâchoires. Une certaine quantité de boues est alors emprisonnée;
4. Remonter la benne à la surface;
5. Récupérer dans un premier récipient la partie solide seulement; vider dans l'étang le reste du liquide contenu dans la benne;
6. Prélever un volume de boue prédéterminé à partir du premier récipient (200 à 250 ml). Ce volume doit être identique pour tous les prélèvements;
7. Conserver ce prélèvement dans un second récipient;
8. Rincer le premier récipient avant de passer au point de prélèvement suivant;
9. Répéter les étapes 1 à 8 inclusivement pour chaque prélèvement;
10. Mélanger tous les prélèvements dans le second récipient pour former un échantillon homogène;
11. Remplir les bouteilles du laboratoire.

8.3. Transmission des données d'analyse

Dès la réception du rapport d'analyse de la qualité des boues, produit par le laboratoire accrédité, le formulaire « ANALYSE DES BOUES » doit être complété. Ce formulaire se trouve dans la rubrique « AUTRES FORMULAIRES » de SOMAE. Un exemple de formulaire complété est disponible à l'Annexe 2.

9. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

MENVIO, SOAE (1992). La vidange, le traitement et la destination finale des boues d'étangs aérés facultatifs de grande capacité, p. 4-15 et 4-16.

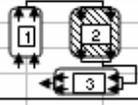
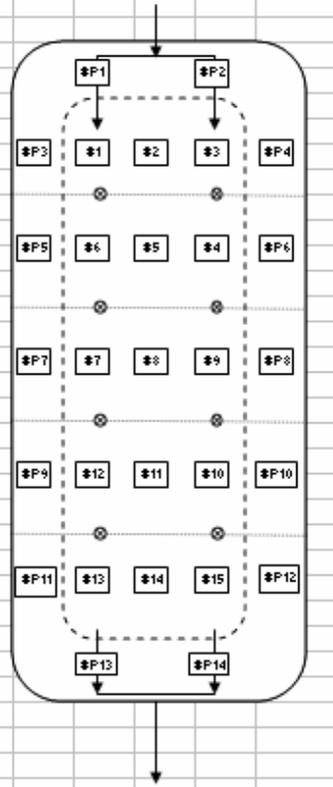
QUÉBEC, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). *Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes*, 2^e éd., [En ligne], 2008. [http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/mat_res/fertilisantes/critere/index.htm]

MAMROT (2006). Programme de suivi de la station d'épuration, annexe 1, p. 4 et 5.

ANNEXE 1 EXEMPLES DE FICHES DE SUIVI

Étang conventionnel

Fiche vierge personnalisée

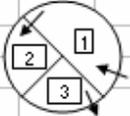
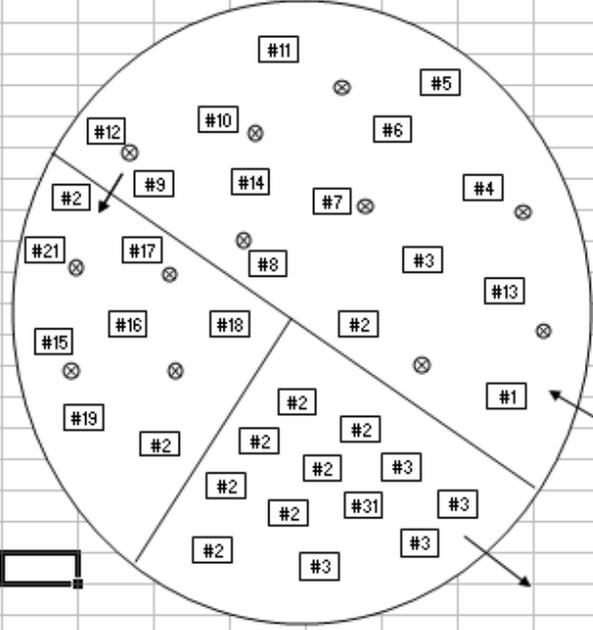
Affaires municipales, Régions et Occupation du territoire Québec		Municipalité Modèle 00001 Étangs aérés (3)	
MESURE D'ACCUMULATION DE BOUES		ANNÉE: _____ MOIS: _____ JOUR: _____	(en chiffres) 
MESURE EFFECTUÉE PAR: _____ MÉTHODE UTILISÉE: _____ UNITÉ DE MESURE: Mètre BASSIN N°: _____ VOLUME UTILE: _____ m ³			
CROQUIS ILLUSTRANT LES MESURES EFFECTUÉES DANS LE BASSIN			
FOND #1 #2 #3 #4 #5 #6 #7 #8 #9 #10 #11 #12 #13 #14 #15 MOYENNE ----		Légende ——— - Limite ligne d'eau - - - - - Fond de l'étang - Coord. aération ⊗ - Aérateur □ - Points mesure bauge → - Sens de l'écoulement	
PENTE #P1 #P2 #P3 #P4 #P5 #P6 #P7 #P8 #P9 #P10 #P11 #P12 #P13 #P14 MOYENNE ----			
		Longueur au fond de l'étang: _____ m Largeur au fond de l'étang: _____ m Longueur de l'étang à la ligne d'eau: _____ m Largeur de l'étang à la ligne d'eau: _____ m Profondeur d'eau dans l'étang: _____ m Pente des diques: _____ / 1 Hauteur des bauge dans l'étang: _____ m Hauteur des bauge dans la pente de l'étang: _____ m Volume des bauge accumulées dans les pentes: ---- m ³ Volume des bauge accumulées au fond de l'étang: ---- m ³ Volume des bauge dans l'étang: ---- m ³ Volume total (eau et bauge) de l'étang: ---- m ³ % des bauge accumulées dans l'étang: ---- %	

Fiche complétée

Affaires municipales, Régions et Occupation du territoire Québec		Municipalité Modèle 00001 Étangs aérés (3)		
MESURE D'ACCUMULATION DE BOUES		ANNÉE 2010	MOIS 5	JOUR 24
MESURE EFFECTUÉE PAR Jérôme Champagne et Tania Labonté		(en chiffres) 		
MÉTHODE UTILISÉE: Sonde photo-électrique				
UNITÉ DE MESURE: Mètre				
BASSIN N°: 2		VOLUME UTILE: 2 960 m ³		
CROQUIS ILLUSTRANT LES MESURES EFFECTUÉES DANS LE BASSIN				
FOND #1 1,30 #2 1,60 #3 1,35 #4 1,00 #5 1,20 #6 1,05 #7 0,90 #8 1,15 #9 0,85 #10 0,85 #11 0,80 #12 0,65 #13 0,78 #14 0,56 #15 0,47 MOYENNE 0,97		Légende — - Limite ligne d'eau - - - - - Fond de l'étang - Coordonnées ⊗ - Références □ - Points mesurés basses → - Sens de l'écoulement		
PENTE #P1 0,55 #P2 0,4 #P3 0,65 #P4 0,6 #P5 0,35 #P6 0,29 #P7 0,18 #P8 0,27 #P9 0,3 #P10 0,24 #P11 0,33 #P12 0,22 #P13 0,2 #P14 0,24 MOYENNE 0,35				
		Longueur au fond de l'étang: 30,0 m Largeur au fond de l'étang: 45,0 m Longueur de l'étang à la ligne d'eau: 51,8 m Largeur de l'étang à la ligne d'eau: 66,3 m Profondeur d'eau dans l'étang: 3,65 m Pente des diques: 3 / 1 Hauteur des baux dans l'étang: 1,0 m Hauteur des baux dans la pente de l'étang: 0,3 m		
		Volume des baux accumulés dans les pentes: 628 m ³ Volume des baux accumulés au fond de l'étang: 1306 m ³ Volume des baux dans l'étang: 1934 m ³ Volume total (eau et baux) de l'étang: 7 318 m ³ % des baux accumulés dans l'étang: 26,4 %		

Étang circulaire à parois verticales en béton

Fiche personnalisée

Affaires municipales, Régions et Occupation du territoire 		Municipalité Étangs aérés 1		
MESURE D'ACCUMULATION DE BOUES		ANNÉE	MOIS	JOUR
		(en chiffres)		
MESURE EFFECTUÉE PAR:				
MÉTHODE UTILISÉE:				
UNITÉ DE MESURE:	Mètre			
BASSIN N°:	1			VOLUME UTILE:
CROQUIS ILLUSTRANT LES MESURES EFFECTUÉES DANS LE BASSIN				
#1	MOYENNE ----			
#2				
#3				
#4				
#5				
#6				
#7				
#8				
#9				
#10				
#11				
#12				
#13				
#14				
#15				
#16				
#17				
#18				
#19				
#20				
#21				
#22				
#23				
#24				
#25				
#26				
#27				
#28				
#29				
#30		PROFONDEUR TOTALE (EAU + BOUE):	----	m
#31		NIVEAU DE LA CONDUITE DE SORTIE PAR RAPPORT AU FOND:	----	m
#32		SURFACE DU FOND DE L'ÉTANG:	804	m ²
#33		ÉPAISSEUR MOYENNE DE BOUES:	----	m
#34		VOLUME DE BOUES:	----	m ³
		POURCENTAGE D'OCCUPATION DE BOUES DANS L'ÉTANG:	----	%

Fiche de suivi complétée

Affaires municipales, Régions et Occupation du territoire Québec		Municipalité Étangs aérés 1
MESURE D'ACCUMULATION DE BOUES		ANNÉE 2010 MOIS 5 JOUR 17 (en chiffres)
MESURE EFFECTUÉE PAR:	François Delamarre	
MÉTHODE UTILISÉE:	Roue de vélo	
UNITÉ DE MESURE:	Mètre	
BASSIN N°:	1	VOLUME UTILE: 3 174 m ³

CROQUIS ILLUSTRANT LES MESURES EFFECTUÉES DANS LE BASSIN		
#1	0,1	MOYENNE 0,24
#2	0,14	
#3	0,4	
#4	0,27	
#5	0,12	
#6	0,1	
#7	0,07	
#8	0,1	
#9	0,12	
#10	0,12	
#11	0,07	
#12	0,1	
#13	0,09	
#14	0,06	
#15	0,07	
#16	0,07	
#17	0,09	
#18	0,2	
#19	0,1	
#20	0,05	
#21	0,3	
#22	0,25	
#23	0,12	
#24	0,3	
#25	0,28	
#26	0,21	
#27	0,18	
#28	0,26	
#29	0,23	
#30	0,19	
#31	0,26	
#32	0,8	
#33	1,2	
#34	1,25	

Légende
 = Aérateurs
 = Points mesures boues
 = Sens de l'écoulement

	PROFONDEUR TOTALE (EAU + BOUE):	3,95	m
	NIVEAU DE LA CONDUITE DE SORTIE PAR RAPPORT AU FOND:	2	m
	SURFACE DU FOND DE L'ÉTANG:	804	m ²
	ÉPAISSEUR MOYENNE DE BOUES:	0,24	m
	VOLUME DE BOUES:	195,6	m ³
	POURCENTAGE D'OCCUPATION DE BOUES DANS L'ÉTANG:	6,1	%

ANNEXE 2 EXEMPLES DE FORMULAIRES DISPONIBLES DANS SOMAE

Mesure des boues - formulaire complété

**Affaires municipales,
Régions et Occupation
du territoire**
Québec

MESURE DES BOUES

Station*:

Date de mesure*: --

Mesure faite par*:

Bassin no*:

Déphosphatation dans ce bassin*:
 5 mois (0515-1014)
 6 mois (0515-1114)
 Année (0101-1231)
 Aucune

Méthode de mesure*:
 Jauge à boues
 Cellule photoélectrique
 Sonar
 Disque léger (roue de vélo)
 Autre

Volume mesuré des boues*:	<input type="text" value="5412"/> m ³
Radier de la conduite d'effluent du bassin mesuré :	<input type="text" value="2"/> m
Hauteur moyenne des boues :	<input type="text" value="0.75"/> m
Hauteur des boues près de la conduite de sortie :	<input type="text" value="0.77"/> m
Hauteur des boues dans le regard de sortie de la station :	<input type="text" value="0.05"/> m
Volume mesuré des boues/volume liquide du bassin :	<input type="text" value="13.2"/> %
Analyse des boues :	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Boues valorisables :	<input type="radio"/> Oui <input checked="" type="radio"/> Non <input type="radio"/> ND

Commentaires :

MBOU (2005-03)

Vidange des boues - formulaire complété

VIDANGE DES BOUES

Station*:
 Date de début*: - -
 Date de fin : - -
 Vidange faite*: En régie Par Contrat
 Vidange faite par*:
 Bassins vidangés*:

Méthode de vidange*:	<input type="checkbox"/> Pompage après enlèvement du surnageant (étang hors circuit) <input checked="" type="checkbox"/> Pompage par dragage (étang en opération) <input type="checkbox"/> Pompage par dragage (étang hors circuit) <input type="checkbox"/> Autre
Conditionnement*:	<input type="checkbox"/> Déshydratation mécanique <input type="checkbox"/> Lit de séchage <input type="checkbox"/> Lit de gel-dégel <input checked="" type="checkbox"/> Sac géotextile (Géomembrane, Géotube, Terratube, etc) <input type="checkbox"/> Autre
Disposition*:	<input type="checkbox"/> Enfouissement <input type="checkbox"/> Compostage <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Épandage <input checked="" type="checkbox"/> Stockage sur place Préciser le(s) site(s) de disposition : <input type="text" value=""/>
Coût total de la vidange :	<input type="text" value="29645"/> \$ (taxes incluses)
Disposition immédiate Quantité soustrée :	<input type="text" value="0"/> <input type="radio"/> m ³ <input checked="" type="radio"/> tonnes métriques de matières sèches
Siccité moyenne des boues évacuées du site :	<input type="text" value="0"/> %
Stockage sur place Quantité soustrée :	<input type="text" value="20"/> <input type="radio"/> m ³ <input checked="" type="radio"/> tonnes métriques de matières sèches
Siccité moyenne des boues soustrées :	<input type="text" value="4.3"/> %
Commentaires :	<input type="text" value="Les boues seront compostées après avoir subi un cycle de gel-dégel."/> (Ex. : Vidange complète du bassin 1 et vidange partielle du bassin 2)

Analyse des boues - formulaire complété

Affaires municipales,
Régions et Occupation
du territoire

Québec 

ANALYSE DES BOUES

(par un laboratoire accrédité)

Station*:
 Date du prélèvement*: - -
 Endroit*:
 Nom du laboratoire*:
 Déphosphatation à cet endroit*: OUI NON

Paramètres

Siccité	%	<input data-bbox="836 766 901 798" type="text" value="5.2"/>	Teneurs limites en contaminants chimiques (catégorie C2) ↓
pH		<input data-bbox="836 798 901 829" type="text" value="6.8"/>	
Pouvoir neutralisant	% É.C.C.	<input data-bbox="836 829 901 861" type="text" value=" "/>	
MVT (matière organique)	mg / kg de m. s.	<input data-bbox="836 861 901 892" type="text" value="31425"/>	
K ₂ O [K x 1,2]		<input data-bbox="836 892 901 924" type="text" value="1920"/>	
NH ₄		<input data-bbox="836 924 901 955" type="text" value="2830"/>	
NTK		<input data-bbox="836 955 901 987" type="text" value="19600"/>	
P ₂ O ₅ [P x 2,29]		<input data-bbox="836 987 901 1018" type="text" value="67787"/>	
Calcium (Ca)		<input data-bbox="836 1018 901 1050" type="text" value="22000"/>	
Magnésium (Mg)		<input data-bbox="836 1050 901 1081" type="text" value="2900"/>	
Aluminium (Al)	mg / kg de m. s.	<input data-bbox="836 1081 901 1113" type="text" value="57000"/>	(1)
Arsenic (As)		<input data-bbox="836 1113 901 1144" type="text" value="1.8"/>	41
Bore (B)		<input data-bbox="836 1144 901 1176" type="text" value="7.9"/>	---
Cadmium (Cd)		<input data-bbox="836 1176 901 1207" type="text" value="2.5"/>	10 (6)
Cobalt (Co)		<input data-bbox="836 1207 901 1239" type="text" value="3.9"/>	150
Chrome (Cr)		<input data-bbox="836 1239 901 1270" type="text" value="30"/>	1060
Cuivre (Cu)		<input data-bbox="836 1270 901 1302" type="text" value="460"/>	1000 [1500 (2)]
Fer (Fe)		<input data-bbox="836 1302 901 1333" type="text" value="15000"/>	(1)
Manganèse (Mn)		<input data-bbox="836 1333 901 1365" type="text" value="310"/>	---
Mercure (Hg)		<input data-bbox="836 1365 901 1396" type="text" value="1.6"/>	4
Molybdène (Mo)		<input data-bbox="836 1396 901 1428" type="text" value="5.2"/>	20
Nickel (Ni)		<input data-bbox="836 1428 901 1459" type="text" value="14"/>	180
Plomb (Pb)		<input data-bbox="836 1459 901 1491" type="text" value="48"/>	300
Sélénium (Se)		<input data-bbox="836 1491 901 1522" type="text" value="2"/>	14
Zinc (Zn)	<input data-bbox="836 1522 901 1554" type="text" value="490"/>	1850 (6)	
Dioxines et furannes	ng EQT/kg (b.s.)	<input data-bbox="836 1554 901 1585" type="text" value=" "/>	50 (3)
<i>E. coli</i>	NPP/g (b.s.)	<input data-bbox="836 1585 901 1617" type="text" value="970"/>	(4)
Salmonelles	(5)	<input data-bbox="836 1617 901 1648" type="text" value="2"/>	(4)

(1) Analyse obligatoire s'il y a eu des ajouts de sels pour le traitement de l'eau potable ou des eaux usées (alun, chlorure ferrique, sulfate ferrique, etc.)

(2) Pour les résidus > 2,5% P₂O₅, b.s., et les biosolides municipaux provenant d'étangs

(3) Si aucun résultat d'analyse n'est fourni, la boue est considérée de catégorie C2

(4) Peut être utile pour la détermination des options relatives aux catégories P1 et P2

(5) Non détection dans 10 ou 50 g humides selon la siccité

(6) Les amendements calciques et magnésiens peuvent être considérés C2 selon le rapport PN/Cd ou PN/Zn

Réf.: «Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes», MDDEP

ABOU (2010-04)

Disposition des boues stockées - formulaire complété

DISPOSITION DES BOUES STOCKÉES

Station* :

Date de début* : - -

Date de fin : - -

Disposition faite* : En régie Par Contrat

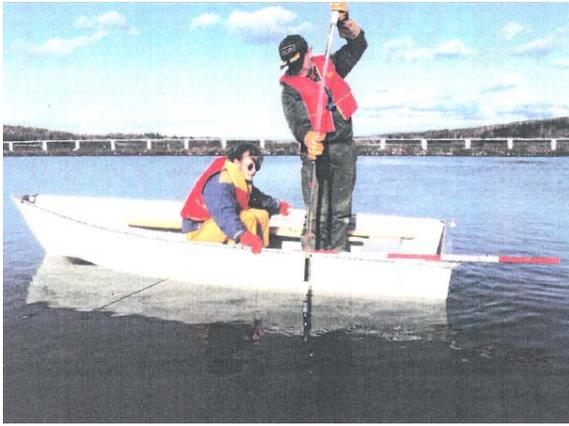
Disposition faite par* :

Disposition* :	<input type="checkbox"/> Enfouissement <input type="checkbox"/> Épandage <input checked="" type="checkbox"/> Compostage <input type="checkbox"/> Autre
	Préciser le(s) site(s) de disposition : <input type="text" value="Compostage Inc"/>

Coût total de la disposition :	<input type="text" value="4258"/> \$ (taxes incluses)
Quantité soutirée :	<input type="text" value="5,4"/> <input type="radio"/> m ³ <input checked="" type="radio"/> tonnes métriques de matières sèches
Siccité moyenne des boues évacuées du site :	<input type="text" value="19"/> %

Commentaires :	<input type="text" value="Les boues ont subi un seul cycle de gel-dégel."/>
----------------	---

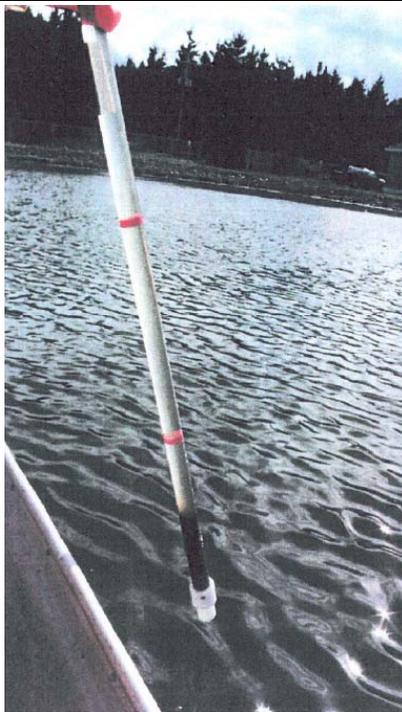
ANNEXE 3 PHOTOS ILLUSTRANT L'UTILISATION D'UNE JAUGE À BOUES



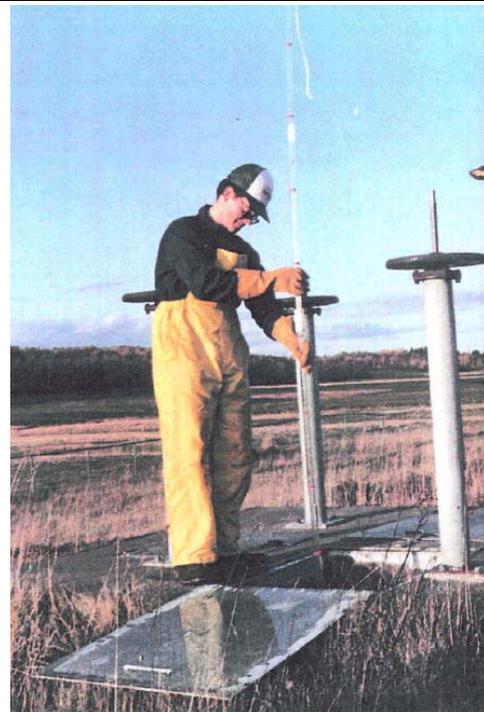
1) Une personne maintient l'embarcation en place et l'autre manipule la jauge



2) Descendre la jauge verticalement



3) Noter le niveau des boues piégées dans la jauge en se référant aux graduations de cette dernière



4) Vérifier s'il y a présence de boues dans le regard d'effluent en amont du déversoir

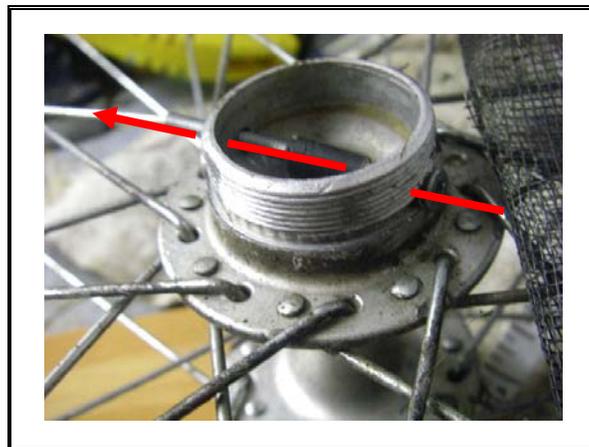
ANNEXE 4 GUIDE DE CONFECTION D'UN DISQUE LÉGER (ROUE DE VÉLO)

Pièces et matériel requis

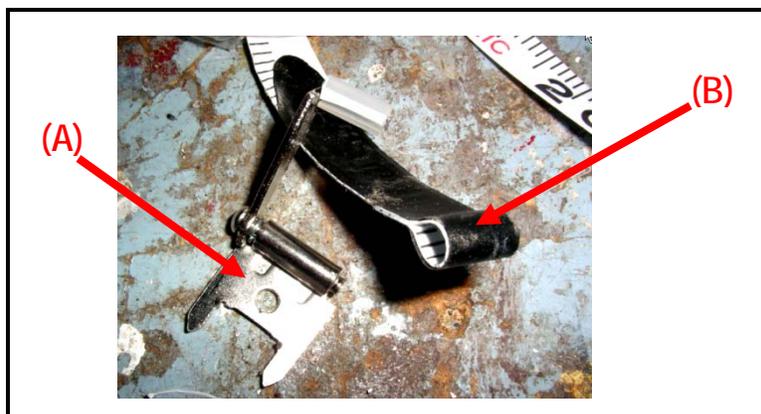
- Une roue arrière de vélo de montagne de 650 mm Ø (26 po Ø);
- Un morceau de moustiquaire en nylon ayant les dimensions suivantes : 0,76 m × 0,76 m (30 po × 30 po);
- Un boulon de 3,18 mm Ø × 76,2 mm (1/8 po Ø × 3 po), une rondelle de blocage et un écrou;
- Un élastique « à brocoli » et une ficelle (corde « à rosbif ») de 1,8 m (6 pi) de long (ou un fond de jante de roue en caoutchouc);
- Un morceau de plastique d'environ 51 mm × 51 mm (2 po × 2 po) taillé dans un contenant de liquide à lessive ou de détergent;
- Quatre attaches autobloquantes en nylon (Ty-Rap) d'une longueur de 8 cm (3 ¼ po);
- Une attache autobloquante en nylon (Ty-Rap) d'une longueur de 20 cm (8 po);
- Un ruban à mesurer en nylon d'une longueur de 15 m (50 pi);
- Une courroie de nylon d'une largeur de 3 cm (1 po) et d'une longueur de 2 m (6 pi);
- Un poinçon de 3,6 mm Ø (9/64 po Ø);
- Un emporte-pièce circulaire de 38,1 mm Ø (1 ½ po Ø);
- Un tournevis et une paire de ciseaux.

Étapes de confection

1. Faire une marque à l'une des extrémités du moyeu de la roue de vélo à l'aide du poinçon et percer un trou de 3,6 mm Ø (9/64 po Ø). Il est recommandé d'utiliser une roue arrière de vélo de montagne, car le diamètre du moyeu est plus grand que pour une roue avant, ce qui permettra d'insérer le ruban à mesurer plus facilement dans le moyeu (étape 6).



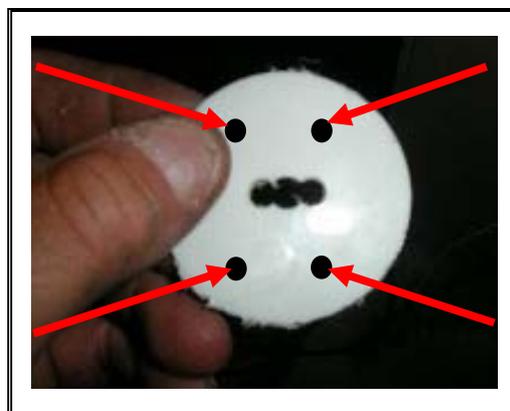
- Démonter la partie métallique fixée à l'extrémité du ruban à mesurer (A) en prenant soin de ne pas abîmer l'extrémité du ruban, car l'anneau (B) doit demeurer en bon état.



- Tailler le morceau de plastique à l'aide de l'emporte-pièce afin d'obtenir une pièce circulaire de 38,1 mm Ø (1½ po Ø). Au centre de la pièce, percer trois trous alignés (C) de 6,4 mm Ø (1/4 po Ø) pour le passage du ruban à mesurer.



- Percer quatre autres trous (deux de chaque côté de l'ouverture) sur la pièce de plastique. Ces trous serviront ultérieurement pour insérer les attaches pour fixer la pièce de plastique aux rayons de la roue de vélo (étape 12).



5. Passer l'extrémité du ruban à mesurer dans l'ouverture de la pièce de plastique puis insérer l'anneau du ruban dans le centre du moyeu de la roue de vélo.



6. À travers le trou dans le moyeu de la roue, passer l'anneau du ruban à mesurer et insérer le boulon, la rondelle de blocage ainsi que l'écrou. Par la suite, serrer le montage à fond.



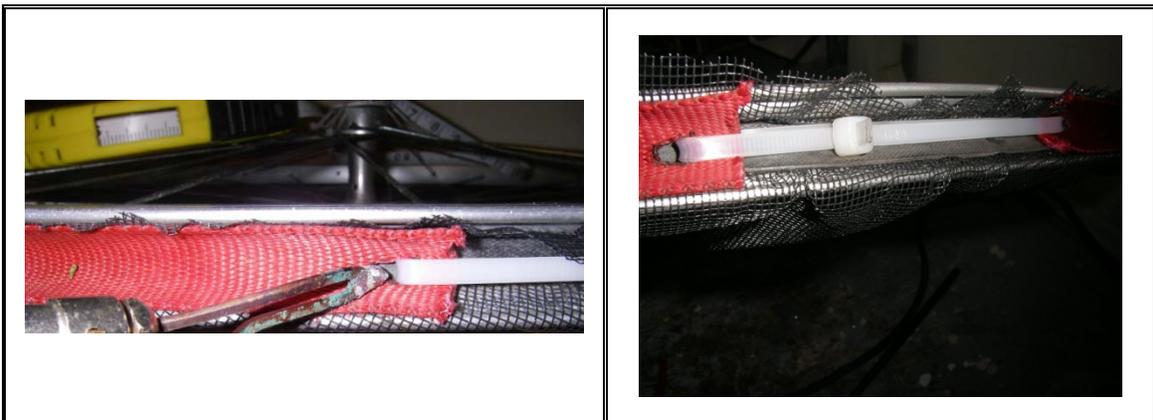
7. Tailler le morceau de moustiquaire jusqu'à ce que celui-ci mesure 0,76 m × 0,76 m (30 po × 30 po).
8. Attacher la ficelle (corde « à rosbif ») (D) à chacune des extrémités de l'élastique « à brocoli » (E) afin de former un cercle légèrement plus petit que la circonférence de la roue. Lors de l'installation du morceau de moustiquaire (étape 9), le montage élastique/corde permettra de retenir suffisamment le morceau de moustiquaire jusqu'à la pose de la courroie de nylon (étape 10). L'élastique « à brocoli » peut être remplacé par n'importe quelle bande élastique résistante, mais assez souple pour s'étirer d'environ 20 cm (8 po) ou par un fond de jante de roue en caoutchouc (F).



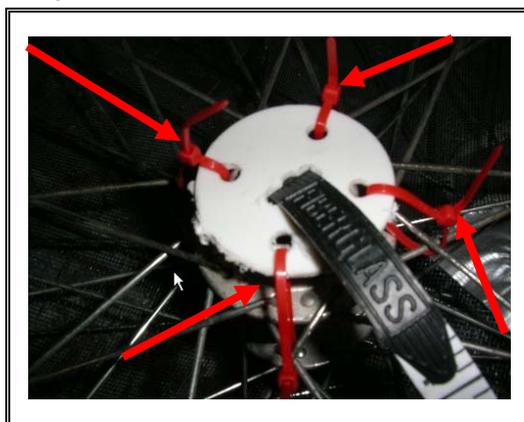
9. Déposer le morceau de moustiquaire sur le dessus de la roue et, à l'aide de l'élastique-corde, assujettir le morceau de moustiquaire à la jante de la roue.



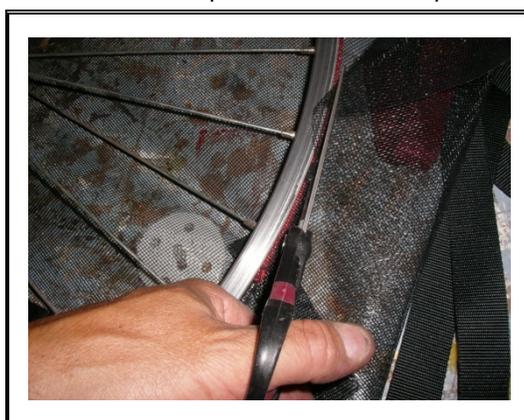
10. Percer chaque extrémité de la courroie de nylon (F), la mouiller et l'installer sur la jante de la roue de vélo. Pour maintenir la courroie en place, insérer l'attache autobloquante en nylon (Ty-Rap), longue de 20 cm (8 po), dans les trous de la courroie et serrer le montage à fond.



11. Fixer la pièce de plastique aux rayons de la roue de vélo à l'aide des quatre attaches autobloquantes en nylon (Ty-Rap), longues de 8 cm (3 po) afin que le ruban à mesurer demeure centré dans le moyeu lors de l'utilisation du disque léger.



12. Découper l'excédent du morceau de moustiquaire à l'aide de la paire de ciseaux.



13. S'assurer que la roue de vélo est bien équilibrée, c'est-à-dire qu'elle se maintient à l'horizontale lorsqu'elle est soulevée par le ruban à mesurer.



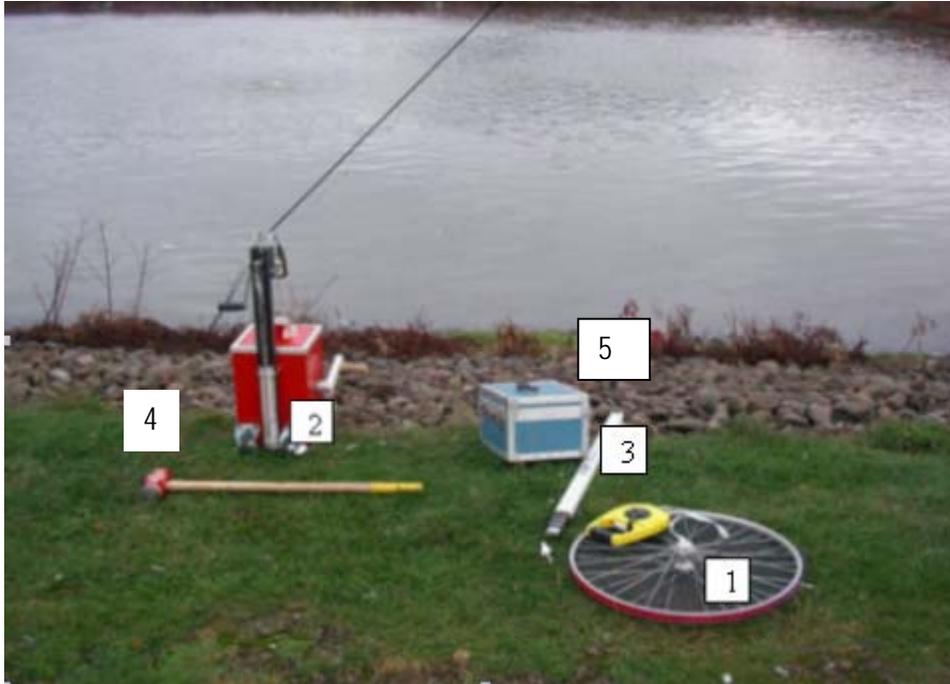
Voici à quoi devrait ressembler le produit final :



En usage dans un étang



Équipements requis



Description des équipements requis :

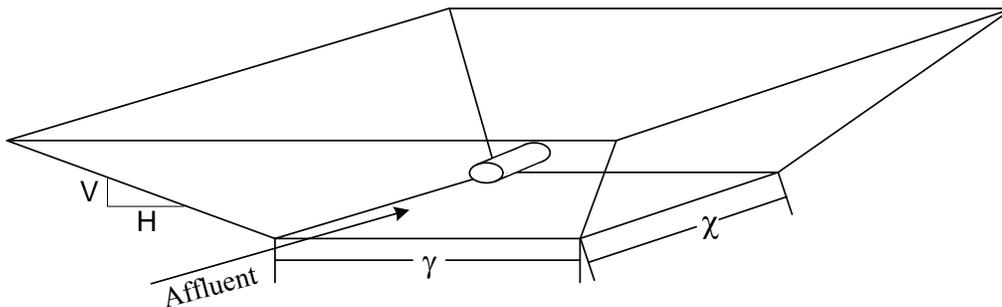
1. Roue de vélo;
2. Câble de retenue avec tige d'acier;
3. Mire d'arpenteur;
4. Masse de huit livres;
5. Détecteur de niveau de boues (facultatif).

ANNEXE 5 CALCUL DU VOLUME DES BOUES

Calcul du volume des boues dans un étang conventionnel (VOLÉTANG)

La figure suivante représente la géométrie typique d'un étang conventionnel.

Figure 10 VOLÉTANG



Le volume des boues accumulées dans l'ensemble de l'étang est déterminé en utilisant la formule qui suit :

$$V_{\text{boues}} = H_{\text{boues}} (\chi\gamma + (\chi + \gamma)p \cdot H_{\text{boues}} + \frac{4}{3}(p \cdot H_{\text{boues}})^2)$$

où

- H_{boues} = Hauteur moyenne de boues au fond de l'étang
- χ = Longueur du fond de l'étang (m)
- γ = Largeur du fond de l'étang (m)
- p = Pente intérieure des digues (horizontal/vertical)

Le plus souvent, la pente intérieure des digues d'un étang conventionnel est égale à 3:1 (horizontal:vertical) c'est-à-dire $p=3$. Si c'est le cas, la formule se simplifie et devient :

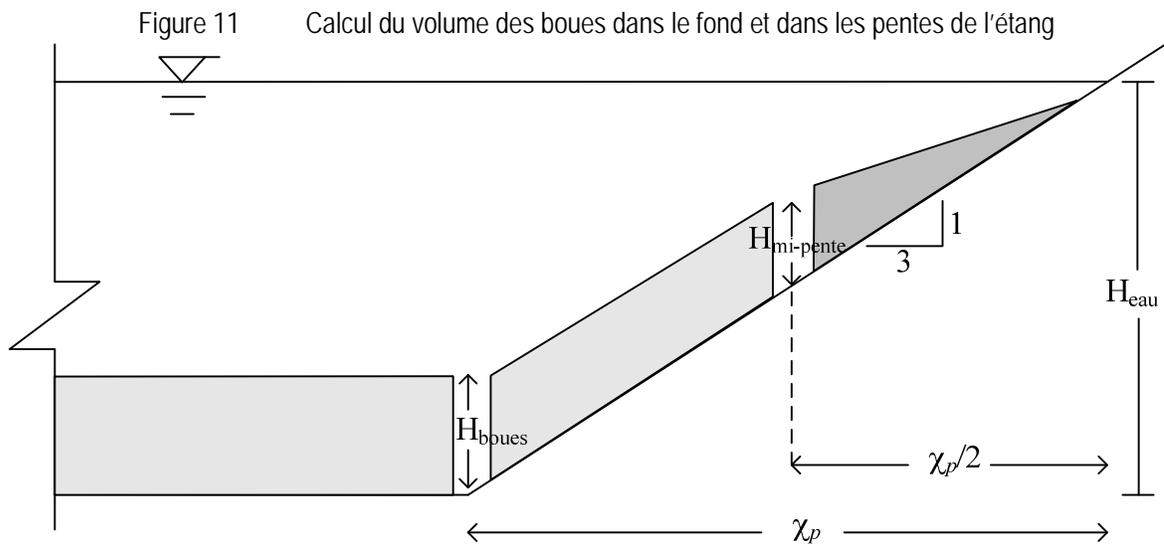
$$V_{\text{boues}} = H_{\text{boues}} (\chi\gamma + 3(\chi + \gamma)H_{\text{boues}} + 12H_{\text{boues}}^2)$$

Volume des boues dans les pentes de l'étang (V pente)

Le volume des boues dans les pentes est calculé en multipliant le périmètre moyen par l'aire des boues dans les pentes. Cette aire est la somme de l'aire d'un trapèze et d'un triangle.

Calcul du volume des boues dans un étang conventionnel (Fond et pentes)

La figure 11 illustre la méthode utilisée afin de calculer le volume des boues dans le fond et dans les pentes de l'étang.



H_{boues} = Hauteur moyenne de boues au fond de l'étang

$H_{\text{mi-pente}}$ = Hauteur moyenne de boues à 50 % de la pente de l'étang

H_{eau} = Profondeur d'eau dans l'étang

p = Pente des digues (3 pour une pente 3:1)

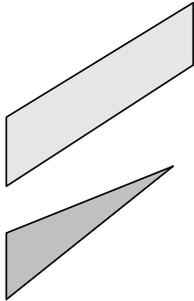
χ_p = Longueur horizontale de la pente

1-Volume de boues au fond de l'étang (V_{fond})

$$V_{\text{fond}} = \chi\gamma H_{\text{boues}}$$

Le volume des boues au fond de l'étang est calculé en multipliant la hauteur moyenne des boues au fond par la surface du fond.

2-Volume de boues dans les pentes de l'étang (V_{pentes})

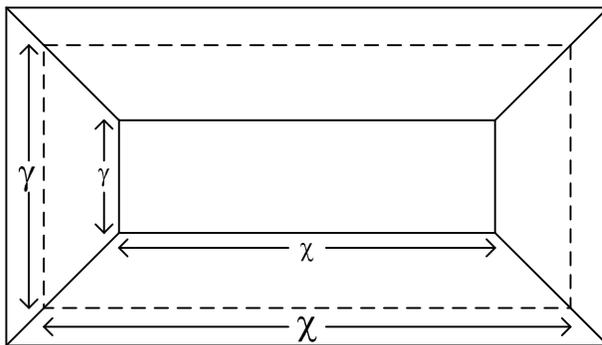


Aire du trapèze ($A_{\text{trapèze}}$)

$$A_{\text{trapèze}} = \frac{H_{\text{boues}} \times H_{\text{mi-pente}} \times H_{\text{eau}} \times P}{4}$$

Aire du triangle (A_{triangle})

$$A_{\text{triangle}} = \frac{H_{\text{mi-pente}} \times H_{\text{eau}} \times P}{4}$$



χ = Longueur au fond de l'étang
 γ = Largeur au fond de l'étang
 χ = Longueur à la ligne d'eau
 γ = Largeur à la ligne d'eau

Périmètre moyen de l'étang (L)

$$L = (2(\chi+\gamma)+2(\chi+\gamma))/2 = \chi + \gamma + \chi + \gamma$$

Volume de boues dans les pentes (V_{pentes})

Le volume des boues dans les pentes est calculé à l'aide d'un trapèze et d'un triangle. Ces deux aires sont additionnées et multipliées par l'addition de la moyenne de la longueur et la largeur à la ligne d'eau et au fond de l'étang. La démonstration suivante explique en détail le calcul effectué.

$$V_{\text{pentes}} = (A_{\text{trapèze}} + A_{\text{triangle}}) \times L$$

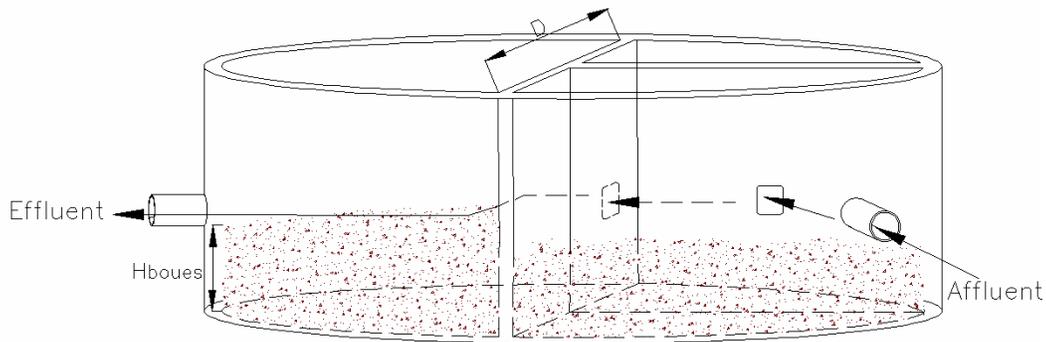
3-Calcul du volume de boues (V_{boues})

$$V_{\text{boues}} = V_{\text{pentes}} + V_{\text{fond}}$$

Calcul du volume des boues dans un bassin circulaire à parois verticales en béton

La figure suivante présente un exemple de bassin circulaire à parois verticales en béton divisé en trois cellules.

Figure 12 Exemple de bassin circulaire



La formule suivante permet de calculer le volume accumulé dans chaque cellule. Le paramètre n représente la proportion du volume occupé par chaque cellule de l'étang. Si l'étang est composé d'une seule cellule, $n = 100\%$. Par contre, si l'étang est divisé en plusieurs cellules, il faut connaître la proportion du volume occupé par chaque cellule. Les valeurs de n sont indiquées dans le chapitre 2 du *Cahier des exigences environnementales* de la station d'épuration.

$$V_{\text{boues}} = \frac{n}{100} \times H_{\text{boues}} \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

- D = Diamètre intérieur du bassin (m)
- H_{boues} = Hauteur moyenne des boues dans la cellule (m)
- n = Proportion du volume de la cellule étudiée par rapport au volume total de l'étang (%)

La formule précédente ne tient pas compte de l'épaisseur des parois puisqu'elle est négligeable.

Finalement, pour obtenir le volume total des boues accumulées dans le bassin circulaire, il faut faire la somme des volumes de boues de chaque cellule.

Tableau 11 Exemple de calculs pour obtenir le volume total des boues accumulées dans un bassin circulaire

Exemple de calculs		
$H_{\text{boues 1}} : 0,19 \text{ m}$ $H_{\text{boues 2}} : 0,13 \text{ m}$ $H_{\text{boues 3}} : 0,83 \text{ m}$	$V_1 = \frac{25}{100} \times 0,19 \times \frac{\pi \times 27,4^2}{4} = 28,0 \text{ m}^3$	
$n_1 = 25 \%$ $n_2 = 25 \%$ $n_3 = 50 \%$	$V_2 = \frac{25}{100} \times 0,13 \times \frac{\pi \times 27,4^2}{4} = 19,2 \text{ m}^3$	
$D = 27,4 \text{ m}$	$V_3 = \frac{50}{100} \times 0,83 \times \frac{\pi \times 27,4^2}{4} = 244,7 \text{ m}^3$	
$V_{\text{boues}} = \sum V$		
$V_{\text{boues}} = 292 \text{ m}^3$		

Calcul du volume total théorique de l'étang

Les mêmes formules présentées aux sections 6.2 et 6.3 s'appliquent pour déterminer le volume total théorique des étangs, il faut remplacer la hauteur moyenne des boues par la hauteur d'eau correspondant au niveau normal d'opération de l'étang. Cette hauteur (H_{totale}) apparaît dans les documents de référence mentionnés au paragraphe 2.1.

Tableau 12 Exemple étang conventionnel

Exemple étang conventionnel (voir les données du tableau 9)	
$H_{\text{totale}} = 3,5 \text{ m}$	$V_{\text{total}} = H_{\text{totale}} \left(\chi\gamma + (\chi + \gamma)\rho H_{\text{totale}} + \frac{4}{3} (\rho H_{\text{totale}})^2 \right)$
	$V_{\text{total}} = 3,5 \left(20 \times 57 + (20 + 57) 3 \times 3,5 + \frac{4}{3} (3 \times 3,5)^2 \right)$
	$V_{\text{total}} = 7334 \text{ m}^3$

Tableau 13 Exemple étang circulaire à parois verticales en béton

Exemple étang circulaire à parois verticales en béton (voir les données du tableau 10)	
$H_{\text{totale}} = 4 \text{ m}$	$V_{\text{total}} = n \frac{H_{\text{eau}} \times \pi \times D^2}{4}$
$n = 100 \%$	$V_{\text{total}} = \frac{100}{100} \times \frac{4 \times \pi \times 27,4^2}{4} = 2359 \text{ m}^3$

Calcul du pourcentage de boues par rapport au volume total de l'étang

$$\% \text{ boues} = \frac{\text{Volume des boues}}{\text{Volume total théorique}} \times 100 = \frac{V_{\text{boues}}}{V_{\text{total}}} \times 100$$

Tableau 14 Exemples de calculs du pourcentage du volume occupé par les boues

Exemples de calcul	
Étang conventionnel (tableau 9)	Étang circulaire à parois verticales en béton (tableau 11 et 13)
$\% \text{ boues} = \frac{981 \text{ m}^3}{7334 \text{ m}^3} \times 100 = 13,4 \%$	$\% \text{ boues} = \frac{292 \text{ m}^3}{2359 \text{ m}^3} \times 100 = 12,4 \%$



**Affaires municipales,
Régions et Occupation
du territoire**

Québec 