DOCUMENT DE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE
N° 2013.1

ÉVALUATION DE DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE POMPAGE POUR LA VIDANGE DES BOUES DES ÉTANGS EXTÉRIEURS EN TERRE PAR LA MÉTHODE DE DILUTION.

Par

Judith Côté, Ingénieure[1]

[1] Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
Direction de l'aquaculture et du développement durable
200, chemin Ste-Foy, 11e étage
Québec (Québec) G1R 4X6

Juin 2013

DOCUMENT PROTÉGÉ
© SOCIÉTÉ DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT EN AQUACULTURE CONTINENTALE (SORDAC) INC., 2011
Tous droits réservés

SOCIÉTÉ DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT EN AQUACULTURE CONTINENTALE (SORDAC) INC.
200, CHEMIN STE-FOY, 11E ÉTAGE, QUÉBEC (QUÉBEC) G1R 4X6

Avertissement

Responsabilité

Le lecteur est avisé que le présent rapport et son contenu sont fournis à titre d'information générale seulement. Il est entendu que la Société de recherche et de développement en aquaculture continentale (SORDAC) inc. et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) n'assument aucune responsabilité de quelque nature qu'elle soit, dans l'hypothèse où le lecteur entreprendrait, malgré le présent avertissement, d'appliquer, d'interpréter ou de se servir des résultats ou des conditions dudit rapport.

Propriété intellectuelle

Ce document est protégé par la Loi sur le droit d'auteur (S.R.C., ch. C-30, art. 1). Aucune partie de ce document ne peut être reproduite, traduite, diffusée, communiquée ou publiée sous quelque forme ni sous quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, sans avoir obtenu, au préalable, l'autorisation écrite de la SORDAC.

Remerciements

Merci à toutes les entreprises piscicoles qui ont participé au projet!

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

Avertissement i

TABLE DES MATIÈRES iii

LISTE DES TABLEAUX vii

1 RÉSUMÉ 1

2 INTRODUCTION ET OBJECTIFS 3

3 MÉTHODOLOGIE 5

3.1 Systèmes de pompage testé 6

3.2 Critères d'analyse 7

3.2.1 Critères principaux 7

3.2.2 Critères secondaires 8

3.3 Méthode d'échantillonnage des boues lors des nettoyages 10

3.4 Montage expérimental pour chaque modèle de système de pompage testé 11

3.4.1 Détails des étangs utilisés pour les essais 11

4 RÉSULTATS ET ANALYSES 13

4.1 Méthodologie de calcul pour le critère 1 – Vitesse de nettoyage 13

4.2 Résultats pour le critère 1 pour les trois modèles de pompe centrifuge autoamorçante 13

4.2.1 Critère1 – Vitesse de nettoyage pour le modèle Honda WT30X 13

4.2.2 Critère1 – Vitesse de nettoyage pour le modèle MQ Multiquip QP-4TH 13

4.2.3 Critère1 – Vitesse de nettoyage pour le modèle Honda WT40X 14

4.2.4 Résultats résumés et analyse pour le critère 1 pour les trois modèles de pompe centrifuge autoamorçante 14

4.3 Résultats pour le critère 1 pour les deux modèles de pompe centrifuge submersible 15

4.3.1 Critère 1 – Vitesse de nettoyage pour le modèle Godwin GSL60 15

4.3.2 Critère 1 – Vitesse de nettoyage pour le modèle ITT Flyght Canada 3085-182-4507 16

4.3.3 Résultats résumés et analyse pour le critère 1 pour les deux modèles de pompe centrifuge submersible 16

4.4 Résultats pour le critère 1 pour le modèle de pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur 17

4.4.1 Critère 1 – Vitesse de nettoyage pour le modèle Teamco Pompe trois-points Super-mix 540 tours 17

4.4.2 Résultats résumés et analyse pour le critère 1 pour le modèle de pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur 18
4.5 Résultats pour le critère 1 pour les deux modèles de pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur 18
4.5.1 Critère 1 – Vitesse de nettoyage pour le modèle Teamco Pompe à injection 18
4.5.2 Critère 1 – Vitesse de nettoyage pour le modèle Machinerie agricole Bois-Francs Pompe à injection 19
4.5.3 Résultats résumé et analyse pour le critère 1 pour les deux modèles de pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur 19
4.6 Résultats pour le critère 1 pour les deux modèles de citerne agricole et industrielle vacuum 21
4.6.1 Critère 1 – Vitesse de nettoyage pour le modèle de citerne Teamco Camion vacuum fosse septique 3000 gal Imp Pompe Ibon 21
4.6.2 Critère 1 – Vitesse de nettoyage pour le modèle de citerne Teamco Épandeur vacuum 2000 gal Imp Pompe Wally 21
4.6.3 Résultats résumés et analyse pour le critère 1 pour les deux modèles de pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur 22
4.7 Analyse globale pour le critère 1 - Vitesse de nettoyage 23
4.8 Analyse pour le débitmètre 24
4.9 Résultats et analyses pour les critères 2 à 10 et de l'échantillonnage pour l'ensemble des systèmes de pompage 25
4.9.1 Critère 2 – Capacité du système 25
4.9.2 Critère 3 – Colmatage 25
4.9.3 Critère 4 – Facilité pour débouchage 27
4.9.4 Critère 5 – Amorçage 27
4.9.5 Analyses échantillonnages et Critère 6 – Acceptation des matières solides 29
4.9.6 Critère 7 – Installation piscicole 33
4.9.7 Critère 8 – Sécurité des utilisateurs 33
4.9.8 Critère 9 – Travail du pisciculteur 35
4.9.9 Critère 10 – Spécification technique 36
4.10 Listes de caractéristiques importantes pour chacune des cinq catégories de systèmes de pompage testés 41
4.10.1 Pompe de vidange centrifuge autoamorçante 41
4.10.2 Pompe de vidange centrifuge submersible 41
4.10.3 Pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur 41
4.10.4 Pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur 42
4.10.5 Citerne vacuum agricole et industrielle 42

5 CONCLUSION, IMPACTS ET SUITES 43
6 RÉFÉRENCES 44
ANNEXE 1 FICHE TECHNIQUE AQUAENVIRONNEMENTALE 9.1.1 – GESTION POUR LA RÉCUPÉRATION DES BOUES SÉDIMENTÉES DANS DES ÉTANGS 45
ANNEXE 2 FICHE TECHNIQUE AQUAENVIRONNEMENTALE 9.4.1 – DISPOSITION DES BOUES PAR ÉPANDAGE AGRICOLE OU FORESTIER 49
ANNEXE 3 PHOTOS DES SYSTÈMES DE POMPAGE TESTÉS 52
ANNEXE 4 PHOTOS DU DÉBITMÈTRE PORTATIF 55
ANNEXE 5 FICHE TECHNIQUE DU DÉBITMÈTRE PORTATIF PDFM 5.0 PORTABLE DOPPLER FLOW METER DE L'ENTREPRISE GREYLINE INSTRUMENTS INC. 56

LISTE DES TABLEAUX

PAGE

Tableau 1 Modèles de systèmes de pompage testés 6
Tableau 2 Détails des échantillonnages 11
Tableau 3 Détails des montages expérimentaux 12
Tableau 4 Débit de pompage par volumétrie pour la pompe MQ Multiquip QP-4TH 14
Tableau 5 Débit de pompage par volumétrie pour la pompe HONDA WT40X 14
Tableau 6 Débit de pompage pour les trois pompes centrifuges autoamorçante 15
Tableau 7 Débit de pompage par volumétrie pour la pompe Godwin GSL60 16
Tableau 8 Débit de pompage par volumétrie pour la pompe ITT Flyght Canada 3085-182-4507 16
Tableau 9 Débit de pompage pour les deux pompes centrifuges submersible 17
Tableau 10 Débit de pompage par volumétrie pour la pompe Teamco Pompe trois-points Super-mix 540 tours 17
Tableau 11 Débit de pompage pour la pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur 18
Tableau 12 Débit de pompage par volumétrie pour la pompe Teamco Pompe à injection 19
Tableau 13 Débit de pompage par volumétrie pour la pompe Machinerie agricole Bois-Francs à injection 19
Tableau 14 Débit de pompage pour les deux pompes à injection vacuum sur PDF de tracteur 20
Tableau 15 Débit de pompage par volumétrie pour la citerne Teamco Camion vacuum fosse septique 3000 gal Imp Pompe Ibon 21
Tableau 16 Débit de pompage par volumétrie pour la citerne Teamco Épandeur vacuum 2000 gal imp Pompe Waly 22
Tableau 17 Débit de pompage pour les deux modèles de citerne 22
Tableau 18 Débit de pompage maximum et moyen pour les dix systèmes de pompages 24
Tableau 19 Résultats pour les critères 2 et 3 26
Tableau 20 Résultats pour les critères 4 et 5 28
Tableau 21 Résultats pour le critère 6 32
Tableau 22 Résultats pour les critères 7 et 8 34
Tableau 23 Résultats pour le critère 9 partie 1 38
Tableau 24 Résultats pour le critère 9 partie 2 39
Tableau 25 Résultats pour le critère 10 40

1 RÉSUMÉ

Dans les entreprises piscicoles québécoises, les étangs d'élevage sont très utilisés et sont majoritairement construits en terre. Selon le Règlement sur l'aquaculture commerciale sauf exception, il est exigé de faire la vidange des matières résiduelles solides issues de l'exploitation d'un site aquacole avant la production d'un nouveau lot de poissons pour les unités de culture ou d'élevage. Également, dans le cadre de la STRADDAQ, afin d'atteindre la cible de rejet environnemental de 4,2 kg de phosphore par tonne de production, il est recommandé que les étangs d'élevage soient vidés et nettoyés à une certaine fréquence minimale. Actuellement, pour la récupération des boues sédimentées dans des étangs en terre, 2 méthodes sont proposées : la méthode de pompage des boues liquides ou la méthode par pelletage des boues solides. Les pisciculteurs doivent donc sélectionner la méthode la plus adéquate selon leurs conditions particulières. La méthode par dilution et pompage est problématique au niveau du choix du système de pompage, car il en existe plusieurs.

L'objectif principal de ce projet est de tester et d'évaluer un certain nombre de systèmes de pompage pour la vidange des boues des étangs en terre, afin d'aider les pisciculteurs qui utilisent la méthode de vidange des boues par dilution et pompage à faire un choix plus informé sur le type de système de pompage qui correspond à leur besoin. Ce projet offre la possibilité de réaliser, du même coup, un objectif secondaire, soit celui de tester un débitmètre portatif électronique pour l'évaluation des débits de pompage et du volume de boue récupérée au fond des étangs.

Afin de réaliser les objectifs du projet, 5 types de système de pompage ont été testés en 2010 et 2011 dans 6 piscicultures et dans 5 étangs d'élevage différents et 4 étangs de sédimentation différents. Les systèmes de pompages testés sont 3 modèles de pompe de vidange centrifuge autoamorçante « trash pompe », 2 modèles de pompe centrifuge submersible « trash pompe », 1 modèle de pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur prise de force (PDF) de tracteur, 2 modèles de pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur et 2 modèles de citernes agricole et industrielle vacuum. Afin de bien évaluer l'efficacité de ces systèmes de pompage, des critères d'évaluation ont été déterminés et les essais ont permis de les documenter et caractériser. De plus, des échantillons avant et pendant le pompage ont été pris afin de déterminer des concentrations en solides totaux, en matière volatile totale et des masses volumiques des boues.

Pour la vitesse de nettoyage moyenne de chaque catégorie de système de pompage, il a été possible de constater que la pompe à fumier a été la plus performante au niveau du débit avec 113 m³/h et la catégorie la moins performante a été celle des pompes de vidange centrifuge submersible avec 12 m³/h. Par contre, ces systèmes de pompages testés dans des conditions différentes pourraient probablement fournir des débits différents. Pour la capacité du système, lors des essais seule la situation installée a été caractérisée. Il a été constaté qu'un colmatage est possible pour tous les systèmes de pompage. Pour éviter les colmatages et les bris d'équipement, il est recommandé d'enlever le plus possible avant l'entrée du système les causes de colmatage. Une crépine peut être une option à envisager. Pour la facilité de débouchage, dans certaines situations, il est possible de faire un débouchage à la main pour tous les systèmes de pompage et pour d'autres situations d'autres méthodes sont utilisées. Pour certains, il est possible soit de les ouvrir, d'arrêter la pompe et repartir la pompe ou d'inverser le vacuum et pour d'autres, il est plus difficile de les déboucher. Dans la majorité des cas, l'amorçage ne présente pas de difficulté et se fait rapidement. Seules les pompes à injection ont présenté des difficultés lors de l'amorçage. Pour ce qui est de l'acceptation des matières solides, les roches et les branches semblent les plus problématiques pour nuire au pompage par un colmatage ou provoquer un bris d'équipement. Pour les feuilles mortes et herbes, leurs acceptations semblent assez faciles sauf lors de l'utilisation de certaines crépines. Pour l'installation piscicole, il est recommandé d'utiliser une zone de pompage ou une dépression dans le fond de l'étang pour positionner l'entrée du système de pompage afin que celle-ci soit dans des conditions sous le niveau de la boue et ainsi faciliter le pompage. Lorsqu'il y a de l'enrochement dans l'étang, il est important de faire attention à ce que les roches ne soient pas acheminées vers le système de pompage. La végétation environnante peut amener des sources de colmatage des systèmes de pompage. Pour la sécurité des utilisateurs, il est recommandé de prévoir une partie du talus des étangs moins abrupte, sans inégalités et dégagée afin de faciliter la descente dans le fond de l'étang et diminuer les risques de blessures. Un certain risque de blessure est aussi observé lors du déplacement des équipements causé par leur poids ou par leur encombrement. De plus, lors du nettoyage des citernes, il est préférable d'éviter d'entrer à l'intérieur à cause du danger d'exposition à des gaz. Au niveau du travail du pisciculteur, il a été observé qu'il est mieux de fournir la quantité d'eau nécessaire à la dilution et avec un débit permettant d'ajouter de l'eau pendant une grande partie du pompage. Le raclage et le déplacement des boues ont été faits avec plusieurs méthodes manuelles ou mécaniques. Pour les spécifications techniques, les coûts approximatifs des systèmes de pompage varient

selon les catégories ainsi que les diamètres des tuyaux. La source d'énergie requise pour le fonctionnement est différente selon les systèmes (essence, électricité, prise de force d'un tracteur ou d'un camion).

Avec les analyses des échantillonnages, aucune relation n'a pu être établie entre la concentration en solides totaux et la vitesse de nettoyage ou entre le pourcentage de matière organique et la vitesse de nettoyage pour les échantillons pris pendant le pompage pour chaque système de pompage. La méthode d'échantillonnage a pu défavoriser la détermination d'une relation ou il n'y a pas de lien entre les deux.

Le débitmètre portatif à effet doppler ne semble pas être un outil facilement utilisable sur le terrain et avec une précision suffisante. Ceci en considérant une certaine difficulté lors de l'installation et les écarts constatés entre les volumes mesurés par volumétrie et avec le débitmètre (-126 % à 304 %) et entre les débits moyens par volumétrie et avec le débitmètre (-16 % à 180 %).

Le choix d'un système de pompage est propre à chaque pisciculture en fonction de plusieurs conditions et des avantages et inconvénients des systèmes de pompage. Les principales conditions pour faire un choix sont : le volume de boue à récupérer, le temps requis et disponible pour réaliser le nettoyage des étangs, la proximité du lieu de valorisation, la méthode de valorisation, la source d'énergie (essence, électricité, tracteur), l'installation piscicole et le coût ou le type de machinerie disponible (achat versus location et forfait). Il est également important d'adapter la méthode de nettoyage d'un étang avec le système de pompage choisi au niveau du débit d'ajout d'eau, de la méthode de raclage et de déplacement des boues et de l'enlèvement des solides nuisible au pompage.

2 INTRODUCTION ET OBJECTIFS

Dans les entreprises piscicoles québécoises, les étangs d'élevage sont très utilisés et sont majoritairement construits en terre. Selon le Rapport global de la phase 1 du portrait aquaenvironnemental (MAPAQ *et al.*, 2005), réalisé en 2004 et 2005 dans le cadre de la STRADDAQ, 91 % des 67 stations piscicoles (86 % de la production québécoise) utilisent au moins un étang comme système d'élevage. Parmi ces entreprises, 79 % ont révélé n'utiliser que des étangs.

Dans le cadre de la STRADDAQ, afin d'atteindre la cible de rejet environnemental de 4,2 kg de phosphore par tonne de production, il est recommandé que les étangs d'élevage soient vidés et nettoyés. Les nettoyages doivent se faire au minimum à la fin de chaque cycle de production. Si ce dernier est plus long que 1 an, il faut nettoyer au maximum aux 2 ans. Pour les étangs de sédimentation, le nettoyage doit se faire au minimum une fois par année. De plus, selon le Règlement sur l'aquaculture commerciale (A-20.2, r.1 article 31 paragraphe 6) sauf exception (article 47), il est exigé de faire la vidange des matières résiduelles solides issues de l'exploitation d'un site aquacole avant la production d'un nouveau lot de poissons pour les unités de culture ou d'élevage.

Actuellement, il est proposé de faire la vidange des boues selon 2 méthodes : la méthode de pompage des boues liquides (aussi appelée méthode par dilution et pompage) ou la méthode par pelletage des boues solides (voir la fiche technique aquaenvironnementale 9.1.1 à l'annexe 1). Dans le cas présent, la première méthode est problématique au niveau du choix du système de pompage. Les pisciculteurs doivent donc sélectionner le système le plus adéquat selon leurs conditions particulières. De plus, la valorisation des boues doit être prévue, par exemple par épandage agricole ou forestier (voir la fiche technique aquaenvironnementale 9.4.1 à l'annexe 2).

Pour la méthode par dilution et pompage, plusieurs choix de système de pompage sont possibles. Selon des informations reçues de différents pisciculteurs et le projet de recherche « Évaluation de la proportion du phosphore récupéré par l'enlèvement des boues des étangs d'élevage (Marcotte, 2008) », les pisciculteurs utilisent présentement différents systèmes de pompage. La plupart utilisent des pompes de vidange centrifuge autoamorçante « trash pompe » ou des citernes vacuum (principe de la création d'un vide). Certains font faire la vidange des boues à forfait par un camion vacuum utilisé pour la vidange des fosses septiques ou pour l'épandage agricole. À la suite de l'information que nous possédons présentement et des demandes d'informations à différentes entreprises spécialisées qui vendent ou louent des systèmes de pompage à des fins industrielles ou agricoles, d'autres modèles que ceux présentés précédemment sont proposés. Par contre, l'utilisation de systèmes de pompage à des fins de vidange des boues piscicoles est peu ou pas documentée.

L'**objectif principal** de ce projet est de tester et d'évaluer un certain nombre de systèmes de pompage afin de bien conseiller les pisciculteurs dans leur choix. Ceci permettra aux pisciculteurs qui utilisent la méthode de vidange des boues par dilution et pompage de faire un choix plus informé sur le type de système qui correspond à leur besoin. Afin de réaliser l'objectif principal, il sera nécessaire d'utiliser une méthode d'évaluation des débits pompés. Ainsi, ce projet de transfert de technologie offre la possibilité de réaliser, du même coup, un **objectif secondaire**, soit celui de vérifier si un débitmètre portatif électronique permet d'évaluer les débits de pompage et le volume de boue récupérée lors des nettoyages.

Intérêt de l'objectif secondaire

Lors d'un autre projet de transfert de technologie (Marcotte, 2008), l'estimation des volumes de boue a posé quelques difficultés la première année du projet. Ceci, car le débit des systèmes de pompage variait durant tout le pompage et qu'il devenait difficile de déterminer le volume par la multiplication du débit par le temps de pompage. Une autre méthode pour évaluer le volume de boue aurait pu être d'évaluer le volume de boue directement au fond de l'étang. Mais cela s'avérait assez difficile parce que le fond d'un étang n'est pas uniforme. De plus, les boues piscicoles ne sédimentent pas de façon uniforme au fond de l'étang et souvent, la sédimentation est plus prononcée au niveau des aérateurs de surface. C'est pourquoi, après les essais du projet actuel, il pourra être déterminé si ce type de débitmètre peut devenir un outil pour l'estimation des volumes de boue d'un étang. Par exemple, ce type de débitmètre pourrait être utile dans le cadre des suivis pour la STRADDAQ ayant, entre autres pour but de valider les rejets de phosphore. Ainsi, s'il advient qu'il soit possible de mesurer précisément le volume de boues sorties des étangs et le phosphore que ces boues contiennent, il sera possible de faire un bilan de phosphore et déterminer le rejet. Il est important de noter que le débitmètre ne pourra être utilisé que par un technicien ou un professionnel, car il y a une calibration à faire.

3 MÉTHODOLOGIE

Le projet a débuté au mois d'août 2010 pour se terminer au mois d'octobre 2011. Les essais des systèmes de pompage ont été réalisés dans 6 piscicultures avec la collaboration des pisciculteurs et de leurs employés. Ces essais ont été faits dans 5 étangs d'élevage différents et 4 étangs de sédimentation différents. Ils ont été réalisés durant la période été-automne 2010 et 2011.

3.1 Systèmes de pompage testé

Afin de réaliser l'objectif principal du projet, 5 types de système de pompage ont été testés:

- Pompe de vidange centrifuge autoamorçante « trash pompe »
- Pompe centrifuge submersible « trash pompe »
- Pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur
- Pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur
- Citerne agricole et industrielle vacuum

Le choix des systèmes de pompage testés s'est fait en fonction des systèmes que les pisciculteurs possèdent déjà, de l'accès à un tracteur et à l'alimentation électrique nécessaire, de la possibilité de louer des systèmes de pompage, ainsi que de l'intérêt des pisciculteurs pour un certain système de pompage (voir le tableau 1 et l'annexe 3).

Tableau 1 Modèles de systèmes de pompage testés

Systèmes de pompage testés	Piscicultures					
	1	2	3	4	5	6
Pompe de vidange centrifuge autoamorçante « trash pompe »		Honda WT30X		MQ Multiquip QP-4TH	Honda WT40X	
Pompe centrifuge submersible « trash pompe »	Godwin GSL60		ITT Flyght Canada 3085-182-4507			
Pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur						Teamco Pompe trois-points Super-mix modèle 540 tours
Pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur	Teamco et Machinerie agricole Bois-Francs Pompe à injection					
Citerne agricole et industrielle vacuum	Teamco Camion vacuum fosse septique 3000 gal Imp Pompe Ibon (industrielle)	Teamco Épandeur vacuum 2000 imp. Gallons Pompe Wally 402AIRCW190C FM402HRVOA#4 020-0 (pompe épandeur) (pompe 4 série TV150710-A) (agricole)				

3.2 Critères d'analyse

Pendant les essais, différents critères ont été pris en considération et caractérisés. Voici les méthodes de prise de données et d'évaluation pour chaque critère:

3.2.1 Critères principaux :

1- Vitesse de nettoyage (Débits en fonction du temps et du volume) :

Pour évaluer ce critère, il est nécessaire de connaître le débit de fonctionnement de la pompe lors du pompage des boues, soit à l'aide de la méthode volumétrique ou avec un débitmètre portatif totalisateur.

Afin de déterminer le débit par la **méthode volumétrique**, un certain volume de boues a été choisi et le temps nécessaire pour combler ce volume a été mesuré. Différents contenants ont été utilisés, tels que des citernes, un bassin de boue, une remorque, une remorque avec des contenants à poissons et des conteneurs pour des déchets de construction.

Pour la **détermination du débit**, un débitmètre fait pour l'eau contenant des sédiments et totalisant le volume de boue ainsi que le temps a été testé (voir l'annexe 4 et la fiche technique de ce type du débitmètre utilisé à l'annexe 5). Celui qui a été utilisé est le modèle PDFM 5.0 Portable Doppler Flow Meter de l'entreprise Greyline instruments inc. Il est possible d'obtenir les données amassées par le débitmètre sous forme de graphique ou de tableau grâce à un logiciel informatique. Il est également possible de voir les débits mesurés ponctuellement directement sur le débitmètre lors du pompage. Ce type de débitmètre mesure le débit à l'extérieur d'un tuyau avec un capteur installé sur une pince. Un son à haute fréquence est émis et traverse la paroi du tuyau et le liquide qui y circule. Le son est réfléchi vers le capteur par les solides ou les bulles dans le liquide. Si le fluide est en mouvement, le retour des échos sera à une fréquence modifiée qui est proportionnelle à la vitesse d'écoulement. Le débitmètre mesure en permanence ce décalage de fréquence pour calculer l'écoulement. Il doit être installé sur le dessus d'un tuyau fabriqué en un des matériaux suivants : la plupart des métaux et des plastiques, dont le PVC, la fonte ductile, l'acier au carbone et l'acier inoxydable. Par contre, pour le bon fonctionnement de ce débitmètre, il est nécessaire que le tuyau soit plein de liquide à l'endroit où les mesures sont prises. Ainsi, un montage de raccords et de tuyaux en forme de U a été fabriqué et utilisé lors de certains essais. Il offre également la possibilité de connecter les tuyaux déjà utilisés dans

les piscicultures. Il a été fabriqué de manière à respecter les distances minimales précisées dans le manuel d'utilisation entre un coude et le capteur. Ce type de débitmètre a été calibré avant chaque essai principalement pour le diamètre du tuyau.

2- Capacité du système (Longueur tuyau, Hauteur) :

Ce critère a été évalué selon les différentes situations qui se sont présentées dans les piscicultures. C'est-à-dire qu'une seule installation a été testée, soit celle utilisée pour chaque système de pompage lors des essais. Il n'y a pas eu d'essais avec différents emplacements pour les systèmes de pompage et différentes longueurs de tuyaux.

La hauteur de pompage a été estimée lors des essais en évaluant la différence de niveau entre le fond de l'étang et le système de pompage, puis en additionnant la différence de niveau entre la sortie des boues (l'extrémité du tuyau de sortie) et le système de pompage. Certaines mesures ont été prises avec un niveau d'arpentage, d'autres avec un gallon à mesurer et certaines ont simplement été estimées.

3- Colmatage :

Ce critère a été évalué de la même façon pour tous les systèmes de pompages, soit par des observations visuelles. Les colmatages ont été comptabilisés et lorsque ce qui a provoqué le colmatage était connu, il a été noté. Un colmatage est une obstruction dans les tuyaux ou le système de pompage qui nuit au pompage des boues.

3.2.2 Critères secondaires :

4- Facilité pour débouchage :

Ce critère a été évalué pour tous les systèmes de pompages selon l'information fournie par les pisciculteurs et visuellement, en observant les moyens possibles pour déboucher le système de pompage, soit au niveau de la pompe ou des tuyaux.

5- Amorçage :

Pour tous les systèmes de pompage, l'amorçage a été évalué au tout début de la vidange, lorsque le système de pompage est démarré, ainsi que lorsqu'il est arrêté puis redémarré. Le temps, jusqu'au moment où il se mettra à pomper, a été chronométré.

6- Acceptation des matières solides :

Pour tous les systèmes de pompage, ce critère a été évalué de façon visuelle en observant ce qui entre dans le tuyau d'entrée, comme des roches, de la terre (matériel constituant les étangs), des feuilles, etc., et les effets sur les systèmes de pompage, tels que des bris ou des colmatages. La présence d'une crépine à l'entrée du système a été notée. Une crépine est une barrière (par exemple, un grillage) montée sur l'entrée du système de pompage pour empêcher l'entrée de matières dépassant une certaine taille, ce qui permet de diminuer les risques de colmatage.

7- Installation piscicole :

Pour tous les étangs où des systèmes de pompage ont été testés, la présence d'une zone de pompage quelconque, le type de talus (berge) et la végétation environnante ont été visuellement observés.

8- Sécurité des utilisateurs :

Pour tous les systèmes de pompage, ce critère a été évalué de façon visuelle en observant les méthodes de travail du pisciculteur ainsi que les installations. Trois points principaux ont été observés, soit la descente dans l'étang, le déplacement de l'équipement et le nettoyage de l'équipement.

9- Travail du pisciculteur :

Le travail du pisciculteur lors de la vidange des boues a été observé et documenté. La façon d'ajouter l'eau nécessaire à la dilution et au lavage des berges et du fond de l'étang a également été observée et caractérisée. Le type de système utilisé pour le lavage des berges (diamètre du boyau d'arrosage, débit), le raclage et le déplacement des boues dans le fond de l'étang ont été notés. Une attention particulière a porté sur le respect par la méthode de nettoyage des principes de base de la méthode #1 : pompage des boues liquides, s dans la fiche technique aquaenvironnementale 9.1.1 (voir annexe 1). De plus, il a été consigné si le nettoyage complet de l'étang a été effectué ou non.

10- Spécifications techniques et autres :

Ces spécifications ont été déterminées pour tous les systèmes de pompage testés à partir, soit de fiches techniques des différents fabricants, d'informations provenant des pisciculteurs,

d‘observations visuelles ou de mesures lors des essais. Les principales spécifications sont le coût, le diamètre du tuyau d’entrée et de sortie, la facilité à déplacer le système de pompage, le type de source d’énergie, telles que l’essence, l’alimentation électrique, ainsi que la puissance nécessaire pour le tracteur.

3.3 Méthode d’échantillonnage des boues lors des nettoyages

Des échantillonnages ont été effectués selon les détails présentés au tableau 2. Pour chaque échantillon analysé, les concentrations en solides totaux et en solides totaux volatils (matière organique totale) ont été déterminées par des analyses en laboratoire. De plus, pour les échantillons pris dans le fond de l’étang, les masses volumiques ont été déterminées en laboratoire. Les analyses de la concentration en solides totaux pour les échantillons pris avant le pompage ont permis de déterminer la siccité qui est le pourcentage en poids de matière sèche dans la boue.Les concentrations en solides totaux ont été évaluées par la quantité de solides restants après un séchage à 105°C. Elles représentent la quantité de solides dans un certain volume, plus la concentration est élevée, plus il y a de solides dans ce même volume. Les analyses des concentrations des solides totaux volatils avant et durant le pompage ont plutôt permis de déterminer le pourcentage de matière organique. Les concentrations en solides totaux volatils ont été évaluées par la quantité de solides restants après une calcination à 550°C.

- Méthode de calcul pour la siccité en pourcentage (%) avant le pompage:
  (Concentration de solides totaux volatils (mg/l)/masse volumique (g/ml))/10000
- Méthode de calcul pour le pourcentage de matière organique (%) =
  (Concentration de solides totaux volatils (mg/l)/Concentration de solides totaux (mg/l))*100

Tableau 2 Détails des échantillonnages

Étapes de l'échantillonnage	But de l'échantillonnage	Échantillon pour analyse
1- Baisser le niveau d'eau de l'étang au niveau normalement utilisé avant de pomper	Caractériser les boues avant leur récupération. Mesure en laboratoire : Solides totaux (ST), Solides totaux volatils (STV), Masse volumique.	Des échantillons sont pris au fond de l'étang pour chaque système de pompage. L'analyse a été faite sur un combiné des échantillons pris dans chaque étang.
2- À la suite ou pendant le nettoyage des berges et suite à la dilution si nécessaire, débuter le pompage du volume d'eau boueuse résiduelle dans le fond de l'étang	Caractériser les boues pendant le pompage. Mesure en laboratoire : Solides totaux (ST), Solides totaux volatils (STV).	Plusieurs échantillons ont été pris pendant le pompage pour chaque système de pompage.

3.4 Montage expérimental pour chaque modèle de système de pompage testé

Pour chaque modèle de système de pompage testé, le montage expérimental ainsi que la méthode d'échantillonnage étaient similaires. Les détails sont présentés au tableau 3.

3.4.1 Détails des étangs utilisés pour les essais

Les étangs en terre utilisés pour effectuer les essais étaient de dimensions différentes (longueur, largeur et profondeur). La largeur et la longueur ont été mesurées au niveau du sol, tandis que la profondeur (entre le fond et le niveau du sol) l'a été suite au nettoyage. Ces dimensions sont estimatives et peuvent être différentes selon l'emplacement de la mesure, car les étangs ne sont pas uniformes. Le tableau 3 présente les caractéristiques des étangs qui ont été utilisés pour faire les tests. Il faut toutefois noter que l'étang de sédimentation 2 a été utilisé pour deux modèles de systèmes de pompage. Il a été nettoyé en partie par un modèle et en partie par l'autre. À titre d'information, les étangs avaient été nettoyés il y a plus ou moins longtemps, ce qui pouvait faire varier la quantité de boues présentes au fond des étangs.

Tableau 3 Détails des montages expérimentaux

Systèmes de pompage	Modèles de système de pompage		Types d'étang en terre utilisé	Méthodes pour la vitesse de nettoyage		Méthodes d'échantillonnage	
				Méthode volumétrique	Débitmètre portatif	Avant le pompage	Pendant le pompage
Pompe de vidange centrifuge autoamorçante	**1**	Honda WT30X	Étang d'élevage 1 (37 m X 19 m et 2,8 m)	Conteneur métallique de type construction	Tuyau de PVC en forme de U sur le tuyau de sortie de la pompe	Échantillonnage composé au fond de l'étang	Plusieurs échantillons à la sortie du tuyau de la pompe
	2	MQ Multiquip QP-4TH	Étang de sédimentation 1 (72 m X 10 m et 1,9 m)	Remorque à poissons avec 3 contenants de même volume			
	3	Honda WT40X	Étang d'élevage 2 (31 m X 10 m et 2,0 m)	Conteneur métallique de type construction			
Pompe centrifuge submersible	**4**	Godwin GSL60	Étang de sédimentation 2 (11 m X 4 m et 1,2 m)	Remorque			
	5	ITT Flyght Canada 3085-182-4507	Étang de sédimentation 3 (44 m X 16 m et 1,4 m)	Silos de boue			Plusieurs échantillons à la sortie du tuyau de la pompe dans une jonction
Pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur	**6**	Teamco Pompe trois-points Super-mix 540 tours	Étang de sédimentation 4 (30 m X 17 m et 1,5 m)	Citerne	Tuyau en aluminium à la sortie de la pompe		Plusieurs échantillons à la sortie du tuyau de la pompe
Pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur	**7**	Teamco Pompe à injection	Étang de sédimentation 2 (11 m X 4 m et 1,2 m) *	Remorque	Tuyau en aluminium à la sortie de la pompe		
	8	Machinerie agricole Bois-Francs Pompe à injection	Étang d'élevage 3 (25 m X 14 m et 2 m)	Citerne	Tuyau de PVC en forme de U sur le tuyau à la sortie de la pompe		
Citerne agricole et industrielle vacuum	**9**	Teamco Camion vacuum fosse septique 3000 gal Imp Pompe Ibon (industrielle)	Étang d'élevage 3 et 4 (41 m X 13 m et 2,2 m)		Tuyau de PVC en forme de U sur le tuyau d'entrée de la citerne		Plusieurs échantillons à l'entrée du tuyau de la citerne directement au fond de l'étang
	10	Teamco Épandeur vacuum 2000 gal Imp Pompe Wally (agricole)	Étang d'élevage 5 (26 m X 7 m et 1,3 m)		Tuyau en métal à l'entrée de la citerne		

4 RÉSULTATS ET ANALYSES

Tel que présenté dans le tableau 1, dix modèles de pompes de cinq catégories ont été testés. Chacun des dix critères mentionnés à la section 3.2.1 a été évalué pour les dix systèmes de pompage testés. Les résultats et analyses sont présentés dans les sections 4.1 à 4.9. À la section 4.10, une liste non exhaustive de caractéristiques importantes a été effectuée pour les cinq catégories de système de pompage.

4.1 Méthodologie de calcul pour le critère 1 - Vitesse de nettoyage

- Débit de pompage par la méthode volumétrique : Volume de boue pompé (avec la hauteur d'eau dans le contenant ou volume du contenant rempli (voir tableau 3) / Temps de pompage pour remplir ce volume (voir les tableaux 4, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 16).
- Débit de pompage par la méthode avec le débitmètre : Débit ponctuel mesuré par le débitmètre aux 10 secondes pendant les essais. Les débits maximums et moyens des mesures prises par le débitmètre sont présentés aux tableaux 6, 9, 11, 14, 17 et ont été calculés en enlevant les mesures aberrantes, principalement les mesures de début de pompage et de fin de pompage.
- Différence en pourcentage des débits moyens entre les deux méthodes: ((Moyenne débit avec le débitmètre - Moyenne débit par volumétrie) / Moyenne débit par volumétrie) X 100 (voir les tableaux 6, 9, 11, 14, 17 et la section 4.8)

4.2 Résultats pour le critère 1 pour les trois modèles de pompe centrifuge autoamorçante

4.2.1 Critère1 - Vitesse de nettoyage pour le modèle Honda WT30X

Le modèle 1 a été testé le 23 juin 2011 et le débit a été évalué seulement avec le débitmètre (voir tableau 6). Effectivement l'évaluation du débit avec la méthode volumétrique n'a pu être effectuée, puisque le conteneur de type construction servant à déterminer le volume pompé qui a été livré n'était pas étanche et n'a pu être utilisé. Une trop grande perte d'eau était observée. Pour ce modèle, le débit a été évalué avec le débitmètre pendant toute la durée du pompage.

4.2.2 Critère1- Vitesse de nettoyage pour le modèle MQ Multiquip QP-4TH

Le modèle 2 a été testé le 27 septembre 2011 et le débit a été évalué par les deux méthodes, soit par volumétrie et avec le débitmètre. Pour faire la volumétrie, une remorque à poissons

avec 3 contenants de même volume a été utilisée. Pour cette pompe, 9 débits par la méthode volumétrique ont été déterminés. Les résultats de ces essais sont présentés au tableau 4. Les 3 contenants de la remorque à poissons avaient le même volume et ils ont été remplis à 3 reprises. Le débit avec le débitmètre n'a pu être mesuré pendant une partie de l'essai 4, car la batterie du débitmètre était déchargée (voir tableau 6).

Tableau 4 Débit de pompage par volumétrie pour la pompe MQ Multiquip QP-4TH

Résultats	Unité	Essais								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temps de pompage	min	2,0	2,0	5,9	5,1	9,7	9,7	12,2	3,7	9,2
Volume pompé	m³	1,1								
Débit	m³/h	34	34	12	13	7	7	6	18	7

4.2.3 Critère1- Vitesse de nettoyage pour le modèle Honda WT40X

Le modèle 3 a été testé le 30 septembre 2011 et le débit a été évalué par les deux méthodes, soit par volumétrie et avec le débitmètre. Pour faire la volumétrie, un conteneur métallique de type construction a été utilisé. Les volumes ont été déterminés par la différence de hauteur d'eau dans le conteneur. Pour cette pompe, 12 débits par la méthode volumétrique ont été déterminés. Les résultats de ces essais sont présentés au tableau 5. Le débit avec le débitmètre a été évalué pendant toute la durée des essais (voir tableau 6).

Tableau 5 Débit de pompage par volumétrie pour la pompe Honda WT40X

Résultats	Unité	Essais											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temps de pompage	min	1,5	1,7	1,6	1,6	2,1	1,8	1,4	5,0	3,4	4,3	3,0	1,7
Volume pompé	m³	1,1	2,3	1,2	1,4	1,2	0,9	2,6	0,9	0,8	0,9	0,6	0,3
Débit	m³/h	42	83	45	50	34	31	113	11	14	13	13	9

4.2.4 Résultats résumés et analyse pour le critère 1 pour les trois modèles de pompe centrifuge autoamorçante

Le tableau 6 présente les données minimales, maximales et moyennes des trois pompes centrifuges autoamorçantes. Pour les modèles 2 et 3 avec la méthode volumétrique, il y a un écart entre le débit minimum et maximum (voir le tableau 6). Dans les tableaux 4 et 5, on peut voir que les débits varient en fonction des essais. La méthode volumétrique montre que le modèle 3 a un débit moyen supérieur au modèle 2. Par contre, la concentration moyenne en solides totaux des boues pendant le pompage est moindre pour le modèle 3 comparativement au modèle 2 (voir tableau 21). Avec des concentrations en solides totaux

similaires ou différentes, les résultats pourraient probablement changer, mais ceci n'a pas été testé. Quant aux hauteurs de pompage testées, elles sont similaires pour tous les modèles (voir tableau 19).

Tableau 6 Débit de pompage pour les trois pompes centrifuges autoamorçantes

Débit de pompage			Modèle système pompage			Ensemble des 3 systèmes
			1	2	3	
			Honda WT30X	MQ Multiquip QP-4TH	Honda WT40X	
Méthode volumétrique	(m³/h)	Min	Données non mesurées, problème avec l'étanchéité du conteneur	6	9	6
		Max		34	113	**113**
		Moyen		15	38	**27**
	(gallon/min)	*Min*		25	41	25
		Max		*149*	*500*	*500*
		Moyen		*67*	*169*	*118*
Méthode avec débitmètre	(m³/h)	Min	9	5	1	1
		Max	89	71	92	**92**
		Moyen	58	25	43	**42**
	(gallon/min)	*Min*	40	22	5	5
		Max	*390*	*315*	*404*	*404*
		Moyen	*253*	*109*	*191*	*185*
Différence débits moyens entre les 2 méthodes			--	62%	14%	--

4.3 Résultats pour le critère 1 pour les deux modèles de pompe centrifuge submersible

4.3.1 Critère1 - Vitesse de nettoyage pour le modèle Godwin GSL60

Le modèle 4 a été testé le 22 septembre 2010 et le débit a été évalué par les deux méthodes, soit par volumétrie et avec le débitmètre. Par contre, le débit mesuré par le débitmètre ne provient pas de débit ponctuel mesuré aux 10 secondes, mais plutôt de données prises manuellement sur ce dernier lors du pompage. Ceci, car toutes les données enregistrées par le débitmètre ont été perdues (fichier corrompu). Les données prises manuellement sont le débit minimal et maximal (intervalle) qui a été constaté lorsque les données étaient observées sur le débitmètre lors de chaque séquence de pompage. C'est pourquoi il n'y a pas de résultats moyens (voir tableau 9). Pour faire la volumétrie, une remorque qui pouvait basculer a été utilisée. Les volumes ont été déterminés par différence de hauteur d'eau dans la remorque. Pour cette pompe, 3 débits ont été déterminés par la méthode volumétrique. Les résultats de ces essais sont présentés au tableau 7.

Tableau 7 Débit de pompage par volumétrie pour la pompe Godwin GSL60

Résultats	Unité	Essais		
		1	2	3
Temps de pompage	min	2,6	11,8	10,0
Volume pompé	m³	0,9	1,1	1,4
Débit	m³/h	21	6	9

4.3.2 Critère1- Vitesse de nettoyage pour le modèle ITT Flyght Canada 3085-182-4507

Le modèle 5 a été testé le 20 juin 2011 et le débit a été évalué par les deux méthodes, soit par volumétrie et avec le débitmètre. Pour faire la volumétrie, 2 silos de boues ont été utilisés. Les volumes ont été déterminés par différence de hauteur d'eau dans les silos. Pour cette pompe, 7 débits par la méthode volumétrique ont été déterminés. Les résultats de ces essais sont présentés au tableau 8. Pour ce modèle, le débit avec le débitmètre a été évalué pendant toute la durée des essais (voir tableau 9).

Tableau 8 Débit de pompage par volumétrie pour la pompe ITT Flyght Canada 3085-182-4507

Résultats	Unité	Essais						
		1	2	3	4	5	6	7
Temps de pompage	min	20,9	26,1	33,0	24,0	37,0	25,0	46,0
Volume pompé	m³	1,6	2,6	3,7	12,7	2,0	11,0	6,8
Débit	m³/h	5	6	7	32	3	26	9

4.3.3 Résultats résumés et analyse pour le critère 1 pour les deux modèles de pompe centrifuge submersible

Le tableau 9 présente les données minimales, maximales et moyennes des deux pompes centrifuges submersibles. Pour les modèles 4 et 5, avec la méthode volumétrique, il y a un écart entre le débit minimum et maximum (tableau 9). Dans les 2 tableaux précédents, on peut voir que les débits varient en fonction des essais. Pour ces deux modèles, le débit moyen est similaire. Par contre, il faut mentionner que les conditions de pompages sont différentes, par exemple les hauteurs de pompage (voir tableau 19) et la siccité des boues (voir tableau 21). Avec des conditions similaires de pompage, les résultats des débits moyens auraient pu être différents, mais ceci n'a pas été testé.

Tableau 9 Débit de pompage pour les deux pompes centrifuges submersible

Débit de pompage			Modèle système pompage		Ensemble des 2 systèmes
			4	5	
			Godwin GSL60	ITT Flyght Canada 3085-182-4507	
Méthode volumétrique	(m³/h)	Min	6	3	3
		Max	21	32	**32**
		Moyen	12	12	**12**
	(gallon/min)	*Min*	*26*	*14*	*14*
		Max	*92*	*139*	*139*
		Moyen	*52*	*55*	*53*
Méthode avec débitmètre	(m³/h)	Min	1	2	1
		Max	50	17	**50**
		Moyen	--	10	**--**
	(gallon/min)	*Min*	*4*	*8*	*4*
		Max	*220*	*75*	*220*
		Moyen	--	*46*	--
Différence débits moyen entre les 2 méthodes			--	-16%	--

4.4 Résultats pour le critère 1 pour le modèle de pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur

4.4.1 Critère1- Vitesse de nettoyage pour le modèle Teamco Pompe trois-points Super-mix 540 tours

Le modèle 6 a été testé le 19 octobre 2011 et le débit a été évalué par les deux méthodes, soit par volumétrie et avec le débitmètre. Pour faire la volumétrie, 2 citernes agricoles ont été utilisées. Les volumes ont été déterminés par une évaluation du pourcentage de remplissage des citernes. Pour cette pompe, 4 débits par la méthode volumétrique ont été déterminés. Les résultats de ces essais sont présentés au tableau 10. Pour ce modèle, le débit avec le débitmètre a été évalué pendant toute la durée des essais (voir tableau 11).

Tableau 10 Débit de pompage par volumétrie pour la pompe Teamco Pompe trois-points Super-mix 540 tours

Résultats	Unité	Essais			
		1	2	3	4
Temps de pompage	min	11,0	6,4	10,7	4,8
Volume pompé	m³	15,5	13,6	12,7	13,6
Débit	m³/h	84	128	71	170

4.4.2 Résultats résumés et analyse du critère 1 pour le modèle de pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur

Le tableau 11 présente les données minimales, maximales et moyennes pour la pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur. Pour le modèle 6 avec la méthode volumétrique, il y a un écart entre le débit minimum et maximum (tableau 11). Dans le tableau 10, on peut voir que les débits varient en fonction des essais. Pour ce modèle, le débit moyen est de 113 m³/h. Il faut toutefois mentionner que le débit semble varier en fonction du choix de positionnement de la manette de gaz qui fait varier la vitesse du moteur du tracteur lors du pompage. Également, il semble varier en fonction de l'épaisseur d'eau au niveau de l'entrée de la pompe, dépendamment si l'ouverture de la pompe est submergée en entier ou uniquement en partie. S'il y a seulement une faible épaisseur d'eau au bas de la pompe, le débit est plus faible.

Tableau 11 Débit de pompage pour la pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur

Débit de pompage			**Modèle système pompage**
			6
			Teamco Pompe trois-points Super-mix
Méthode volumétrique	(m³/h)	Min	71
		Max	**170**
		Moyen	**113**
	(gallon/min)	*Min*	*321*
		Max	*751*
		Moyen	*499*
Méthode avec débitmètre	(m³/h)	Min	33
		Max	186
		Moyen	109
	(gallon/min)	*Min*	*146*
		Max	*819*
		Moyen	*480*
Différence débits moyens entre les 2 méthodes			-4%

4.5 Résultats pour le critère 1 pour les deux modèles de pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur

4.5.1 Critère1- Vitesse de nettoyage pour le modèle Teamco Pompe à injection

Le modèle 7 a été testé le 21 septembre 2010 et le débit a été évalué par les deux méthodes, soit par volumétrie et avec le débitmètre. Par contre, le débit mesuré par le débitmètre ne provient pas de débit ponctuel mesuré aux 10 secondes, mais plutôt de données prises manuellement sur ce dernier lors du pompage. Ceci, car toutes les données enregistrées par

le débitmètre ont été perdues (fichier corrompu). Les données prises manuellement sont le débit minimal et maximal (intervalle) qui a été constaté lorsque les données étaient observées sur le débitmètre lors de chaque séquence de pompage. C'est pourquoi il n'y a pas de résultats moyens (voir tableau 14). Pour calculer la volumétrie, une remorque qui pouvait basculer a été utilisée. Les volumes ont été déterminés par la différence de hauteur d'eau dans la remorque. Pour cette pompe, 4 débits par la méthode volumétrique ont été déterminés. Les résultats de ces essais sont présentés au tableau 12.

Tableau 12 Débit de pompage par volumétrie pour la pompe Teamco Pompe à injection

Résultats	Unité	Essais			
		1	2	3	4
Temps de pompage	min	0,8	2,7	7,2	19,7
Volume pompé	m^3	1,4	1,4	1,1	0,8
Débit	m^3/h	100	31	9	2

4.5.2 Critère1- Vitesse de nettoyage pour le modèle Machinerie agricole Bois-Francs Pompe à injection

Le modèle 8 a été testé le 16 juin 2011 et le débit a été évalué par les deux méthodes, soit par volumétrie et avec le débitmètre. Pour calculer la volumétrie, une citerne conçue pour les fosses septiques a été utilisée. Les volumes ont été déterminés par une évaluation du pourcentage de remplissage de la citerne. Pour cette pompe, 2 débits par la méthode volumétrique ont été déterminés. Les résultats de ces essais sont présentés au tableau 13. Pour ce modèle, le débit avec le débitmètre a été évalué pendant toute la durée des essais (voir tableau 14).

Tableau 13 Débit de pompage par volumétrie pour la pompe Machinerie agricole Bois-Francs à injection

Résultats	Unité	Essais	
		1	2
Temps de pompage	min	9,9	26,2
Volume pompé	m^3	13,6	6,8
Débit	m^3/h	83	16

4.5.3 Résultats résumés et analyse pour le critère 1 pour les deux modèles de pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur

Le tableau 14 présente les données minimales, maximales et moyennes pour les deux pompes à injection vacuum sur PDF de tracteur. Pour les modèles 7 et 8 avec la méthode

volumétrique, il y a un écart entre le débit minimum et maximum dans le tableau 14..Dans les tableaux 12 et 13, on peut voir que les débits varient en fonction des essais. Le modèle 8 a un débit moyen, évalué par la méthode volumétrique, supérieur à l'autre modèle. Pour l'essai de ces 2 pompes, le même tracteur a été utilisé. Il faut mentionner que les conditions de pompage ont pu possiblement faire varier le débit. Lors des essais des deux pompes, la valve de sortie de la pompe à injection doit être ajustée à un certain niveau afin que le pompage s'effectue, mais elle n'est pas nécessairement ouverte au même niveau à chaque essai. Les valves doivent être ajustées souvent, il semble difficile de maintenir le vacuum. La concentration moyenne en solides totaux des boues pendant le pompage est moindre pour le modèle 8 comparativement au modèle 7 (voir tableau 21). Également, les hauteurs de pompages testées sont différentes : celle du modèle 8 est supérieure à celle du modèle 7 (voir tableau 19), ce qui peut possiblement avoir eu un effet sur le débit. Avec des concentrations en solides totaux ou des hauteurs de pompage similaires ou différentes, les résultats des débits auraient probablement pu être différents, mais il n'y a pas eu d'autres essais de réalisés. Pour le modèle 8, il y a eu de la sédimentation dans le tuyau de sortie ce qui a également pu faire diminuer le débit.

Tableau 14 Débit de pompage pour les deux pompes à injection vacuum sur PDF de tracteur

Débit de pompage			**Modèle système pompage**		**Ensemble des 2 systèmes**
			7	**8**	
			Teamco Pompe à injection	**Machinerie agricole Bois-Francs Pompe à injection**	
Méthode volumétrique	(m³/h)	Min	2	16	2
		Max	100	83	**100**
		Moyen	36	49	**42**
	(gallon/min)	*Min*	*10*	*69*	*10*
		Max	*441*	*364*	*441*
		Moyen	*158*	*216*	*187*
Méthode avec débitmètre	(m³/h)	Min	14	10	10
		Max	130	97	**130**
		Moyen	--	43	**--**
	(gallon/min)	*Min*	*63*	*45*	*45*
		Max	*571*	*427*	*571*
		Moyen	*--*	*189*	*--*
Différence débits moyens entre les 2 méthodes			--	-12%	--

4.6 Résultats pour le critère 1 pour les deux modèles de citerne agricole et industrielle vacuum

4.6.1 Critère1- Vitesse de nettoyage pour le modèle de citerne Teamco Camion vacuum fosse septique 3 000 gal Imp Pompe Ibon

Le modèle 9 a été testé le 16 juin 2011 et le débit a été évalué par les deux méthodes, soit par volumétrie et avec le débitmètre. Pour faire la volumétrie, c'est la citerne testée qui a été utilisée. Les volumes ont été déterminés par une évaluation du pourcentage de remplissage de la citerne. Pour cette pompe, 3 débits par la méthode volumétrique ont été déterminés. Les résultats de ces essais sont présentés au tableau 15. Pour ce modèle, le débit avec le débitmètre a été évalué seulement lors de l'essai 1 (voir tableau 17). Pour les 2 autres essais, le débitmètre n'a pas été installé sur le tuyau de la citerne.

Tableau 15 Débit de pompage par volumétrie pour la citerne Teamco Camion vacuum fosse septique 3000 gal Imp Pompe Ibon

Résultats	Unité	Essais		
		1	2	3
Temps de pompage	min	30,8	26,2	16,6
Volume pompé	m^3	13,6	13,6	6,8
Débit	m^3/h	27	31	25

4.6.2 Critère1- Vitesse de nettoyage pour le modèle de citerne Teamco Épandeur vacuum 2 000 gal Imp Pompe Wally

Le modèle 10 a été testé le 19 mai 2011 et le débit a été évalué par les deux méthodes, soit par volumétrie et avec le débitmètre. Pour faire la volumétrie, c'est la citerne testée qui a été utilisée. Les volumes ont été déterminés par le remplissage complet de la citerne. Pour cette pompe, 5 débits par la méthode volumétrique ont été déterminés et les résultats de ces essais sont présentés au tableau 16. Pour ce modèle, le débit avec le débitmètre a été évalué lors des 5 essais (voir tableau 17). Par contre, il a été constaté qu'avec le débitmètre, plusieurs données de débit étaient nulles, et ce, même si la citerne pompait bien la boue. De plus, il était difficile d'avoir un signal élevé au niveau du senseur signifiant que le débitmètre était capable de prendre la mesure dans le liquide pompé. Ceci était principalement dû au positionnement du senseur directement sur le tuyau en métal à la sortie de la citerne. Il ne pouvait être placé à un autre endroit sur le tuyau de pompage, puisqu'il était en caoutchouc.

Tableau 16 Débit de pompage par volumétrie pour la citerne Teamco Épandeur vacuum 2 000 gal Imp Pompe Wally

Résultats	Unité	Essais				
		1	2	3	4	5
Temps de pompage	min	6,9	11,5	14,7	16,0	14,0
Volume pompé	m³	9,0				
Débit	m³/h	78	47	37	34	39

4.6.3 Résultats résumés et analyse pour le critère 1 pour les deux modèles de citerne agricole et industrielle vacuum

Le tableau 17 présente les données minimales, maximales et moyennes des deux modèles de citerne agricole et industrielle vacuum. Pour le modèle 10 avec la méthode volumétrique, il y a un écart entre le débit minimum et maximum (tableau 17). Dans les tableaux précédents 15 et 16, on peut voir que les débits varient en fonction des essais pour l'épandeur vacuum et que le débit est plus stable pour le camion vacuum pour fosse septique. Les deux méthodes montrent que le modèle 10 a un débit supérieur à l'autre modèle. Il faut mentionner que les conditions de pompage ont pu possiblement faire varier le débit, mais il n'y a pas eu d'essais réalisés avec des conditions différentes de celles testées. Les hauteurs de pompages mesurées sont différentes : celle du modèle 9 est supérieure au modèle 10 (voir tableau 19), ce qui peut possiblement avoir un effet sur le débit. La siccité des boues pendant le pompage est similaire pour les 2 modèles (voir tableau 21).

Tableau 17 Débit de pompage pour les deux modèles de citerne

Débit de pompage			Modèle système pompage		Ensemble des 2 systèmes
			9	10	
			Teamco Camion vacuum pour fosse septique 3 000 imp. gallons	Teamco Épandeur vacuum 2 000 imp. Gallons Pompe Wally	
Méthode volumétrique	(m³/h)	Min	25	34	25
		Max	31	78	**78**
		Moyen	27	47	**37**
	(gallon/min)	*Min*	*108*	*149*	*108*
		Max	*137*	*343*	*343*
		Moyen	*121*	*206*	*164*
Méthode avec débitmètre	(m³/h)	Min	3	3	3
		Max	116	306	306
		Moyen	45	131	88
	(gallon/min)	*Min*	*15*	*12*	*12*
		Max	*512*	*1347*	*1347*
		Moyen	*198*	*578*	*388*
Différence débits moyens entre les 2 méthodes			63%	180%	--

4.7 Analyse globale du critère1 - Vitesse de nettoyage

Le tableau 18 présente les résultats pour la vitesse de nettoyage, c'est-à-dire les débits mesurés par la méthode volumétrique pour l'ensemble des systèmes de pompage testés. Pour une des pompes de vidange centrifuge autoamorçante, nous n'avons pas de données, car le conteneur métallique de type construction qui nous a été livré était troué et il a été impossible de l'étanchéifier. Les débits maximums et les débits moyens des mesures effectuées sont présentés pour chaque modèle de système de pompage suivi des débits moyens par catégorie de système de pompage. En résumé, il est possible de constater que la pompe à fumier a été la plus performante au niveau du débit avec 113 m³/h suivie de la pompe à injection avec 42 m³/h et des citernes agricole et industrielle avec 37 m³/h. Les deux derniers systèmes de pompage testés sont les pompes de vidange centrifuge autoamorçante et submersible avec 27 et 12 m³/h respectivement. Par contre, des variations de débit au niveau des différentes catégories selon les modèles testés ont été constatées.

Il est important de préciser que ces mêmes systèmes de pompages testés dans des conditions différentes pourraient probablement fournir des débits différents. Ces conditions pourraient être par exemple reliées à la concentration en solides totaux des boues pompées, à la hauteur de pompage, à la puissance du tracteur, aux longueurs des tuyaux d'entrée et de sortie et aux diamètres des entrées et des sorties des systèmes de pompage. Quelques exemples de ces conditions ont été présentés dans les sections précédentes (voir sections 4.2.4, 4.3.3, 4.4.2, 4.5.3 et 4.6.3). Également, une autre cause possible de variation du débit est liée à la quantité de boue liquide qu'on peut fournir et qui est fonction de la quantité d'eau ajoutée pour le lavage. Ainsi, si cette quantité de boue disponible n'est pas suffisante, le système de pompage doit être arrêté ou encore, le débit diminué, ce qui peut entrainer une variation sur les débits. Il faut aussi préciser que les puissances des tracteurs utilisés pour certains systèmes de pompage ne sont pas les mêmes. Pour la pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration, un tracteur de 180 HP a été utilisé, alors que pour la citerne Teamco Épandeur vacuum, il était de 70 HP et pour les pompes à injection, de 50 HP. Les débits ont dû varier selon la puissance des tracteurs utilisés. Il a également été constaté que les débits varient tout au long du pompage. Par contre, pour la citerne industrielle, les débits ont été plus stables.

Tableau 18 Débit de pompage maximum et moyen par volumétrie pour les systèmes de pompage

Systèmes de pompage	Modèles de système de pompage		Débits estimés méthode volumétrique				Débits moyens par système	
			Max		Moyen			
			m³/h	*gpm Imp*	m³/h	*gpm Imp*	m³/h	*gpm Imp*
Pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur	**6**	Teamco Pompe trois-points Super-mix 540 tours	170	*751*	113	*499*	**113**	*499*
Pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur	**7**	Teamco Pompe à injection	100	*441*	36	*159*	**42**	*187*
	8	Machinerie agricole Bois-Francs Pompe à injection	83	*364*	49	*216*		
Citerne agricole et industrielle vacuum	**9**	Teamco Camion vacuum fosse septique 3000 gal Imp Pompe Ibon	31	*137*	27	*121*	**37**	*164*
	10	Teamco Épandeur vacuum 2000 gal Imp Pompe Wally	78	*343*	47	*206*		
Pompe de vidange centrifuge autoamorçante	**1**	Honda WT30X	--				**27**	*118*
	2	MQ Multiquip QP-4TH	34	*149*	15	*67*		
	3	Honda WT40X	113	*500*	38	*169*		
Pompe centrifuge submersible	**4**	Godwin GSL60	21	*92*	12	*52*	**12**	*53*
	5	ITT Flyght Canada 3085-182-4507	32	*139*	12	*55*		

4.8 Analyse pour le débitmètre

Pour le débitmètre des difficultés d'installation pour qu'il soit dans des conditions optimales de prises de données se sont présentées. Le tuyau doit être toujours plein au niveau du capteur et il doit être installé seulement sur un certain type de matériel de tuyau. Il ne fonctionne pas sur un tuyau en caoutchouc comme ceux des épandeurs vacuum et il est difficile de l'installer sur le bout du tuyau en métal soudé à la sortie de l'épandeur. Également pour plusieurs systèmes de pompage, les valeurs de débit ponctuelles passent du négatif au positif sans que l'écoulement dans le tuyau ne change de direction. Les différences en pourcentage des débits moyens entre les deux méthodes ont un écart variant de -16 % à 180 % (voir les tableaux 6, 9, 11, 14, 17 des sections 4.2 à 4.6), tandis que les différences en pourcentage des volumes totalisés par le débitmètre et par la méthode volumétrique qui est calculé comme suit ((Volume totalisé avec le débitmètre – Volume totalisé par volumétrie) / Volume totalisé par volumétrie) X 100 ont un écart variant de -126 % à 304 %. Le signe négatif dans les écarts signifie que le débit ou le volume mesuré par le débitmètre était inférieur à celui mesuré par la méthode volumétrique. Pour ces écarts des débits moyens et

des volumes totalisés entre les deux méthodes, le débitmètre portatif à effet doppler ne semble pas être un outil facilement utilisable sur le terrain et ne semble pas avoir une précision suffisante. C'est pourquoi dans l'analyse de la vitesse de nettoyage, nous n'avons pas utilisé les données provenant du débitmètre. La méthode volumétrique est considérée plus précise.

4.9 Résultats et analyses pour les critères 2 à 10 et de l'échantillonnage pour l'ensemble des systèmes de pompage

4.9.1 Critère 2 - Capacité du système :

En ce qui concerne l'évaluation de la capacité du système, il a été difficile de tester différentes situations pour chaque système de pompage (hauteurs de pompage et longueurs de tuyau), seule la situation installée pour les essais a donc été caractérisée (voir tableau 19). Les systèmes de pompage sont installés sur la berge, entre la berge et le fond de l'étang ou encore, au fond de l'étang. Les hauteurs de pompage variaient entre 1,5 et 5,3 m les longueurs du tuyau d'entrée, entre 6 et 13 m et les longueurs du tuyau de sortie, entre 8 et 76 m. Il est recommandé lors de l'achat d'un de ces systèmes de pompage de bien s'informer de la hauteur maximale d'aspiration (entre la boue et le système de pompage) et de la hauteur maximale de refoulement (tête d'eau), entre le système de pompage et l'évacuation de la boue.

4.9.2 Critère 3 - Colmatage :

Il a été constaté, lors de 8 des 10 essais, qu'il y a eu au moins un épisode de colmatage (voir tableau 19), causé principalement par des petites branches, des morceaux de bois et des roches. Il est possible de voir se produire un colmatage pour tous les systèmes de pompage au niveau de la pompe ou au niveau des tuyaux d'entrées ou de sorties. Pour le système de pompage 6, il y a eu un colmatage causé par des roches qui avaient été placées à cet endroit pour créer une zone de pompage. Par la suite, un pied a été mis sous la pompe afin de la soulever un peu du fond de l'étang et d'éviter que la situation se reproduise. Ainsi, il est recommandé d'enlever le plus possible les causes potentielles de colmatage devant l'entrée du système, afin d'éviter les bris par des roches ou des branches au niveau de la pompe, ainsi que les colmatages, bien entendu. Une crépine peut être une option à envisager, par exemple, on a vu un pisciculteur utiliser une crépine avec des trous d'environ 3 cm (1 po) qui semblait bien fonctionner pour éviter le pompage de roches.

Tableau 19 Résultats pour les critères 2 et 3

Critères/Système de pompage testé		Pompe de vidange centrifuge autoamorçante			Pompe centrifuge submersible		Pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur	Pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur		Citerne vacuum agricole et industrielle	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2- Capacité du système	Hauteur pompage testée estimée	2,8 m	3,2 m	3,5 m	2,5 m	1,5 m	4,9 m	2,5 m	5,3 m	3,4 m	1,8 m
	Longueur tuyau d'entrée testée	6,0 m	6,3 m	7,7 m	--	--	--	6,9 m	13,0 m	13,0 m	9,2 m
	Longueur tuyau de sortie testée	76,2 m	17,6 m	72,6 m	31,7 m	40 m	13 m	8,2 m	8,0 m	--	--
	Position de la pompe	Presque au fond de l'étang	Sur la berge	Presque au fond de l'étang	Au fond de l'étang		Au fond de l'étang	Sur la berge		Sur la berge	
3- Colmatage	Épisode de colmatage	Quelques colmatages par des petites branches et brindilles de bois	Quelques colmatages par du sable, des petites roches et des morceaux de bois	Aucun colmatage	Plusieurs colmatages	Aucun colmatage	Un colmatage au début du pompage par des roches qui avaient été mises pour faire une zone de pompage.	Quelques colmatages	Quelques colmatages	Un épisode de colmatage	Un épisode de colmatage

4.9.3 Critère 4 – Facilité pour débouchage :

Le tableau 20 présente ce qui a été observé suite aux épisodes de colmatage ou en fonction du système de pompage et selon l'information provenant du pisciculteur. Pour la facilité de débouchage, dans certaines situations, il est possible de le faire à la main pour tous les systèmes de pompage, alors que parfois d'autres méthodes sont utilisées. Pour les pompes de vidange centrifuge autoamorçante, il est possible de les ouvrir, mais pour les refermer, un nettoyage minutieux s'impose avec de l'air ou de l'eau, afin d'enlever les particules qui pourraient se retrouver entre 2 pièces. Pour les pompes centrifuges submersibles, il est possible d'arrêter la pompe et de démarrer la pompe. Le mouvement de l'eau ainsi créé permet dans de nombreuses situations un débouchage. La pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur est difficile à déboucher, il n'y a pas d'accès facile au tuyau ou à l'intérieur de la pompe. Il a fallu frapper par moment sur les tuyaux pour les déboucher ou encore, y insérer des tiges. Pour les citernes agricole ou industrielle, il est possible d'inverser le vacuum pour déboucher le tuyau de pompage.

4.9.4 Critère 5 – Amorçage :

L'amorçage s'effectue en moins de 2 minutes approximativement pour l'ensemble des systèmes de pompage (voir tableau 20). Pour les pompes à injection vacuum sur PDF de tracteur, il est difficile de faire l'amorçage. Il est important que les valves soient fermées pour que le vacuum se produise dès le départ. Également, il est parfois nécessaire de fermer un peu la valve de sortie pour que le pompage se maintienne. Ainsi, dans la majorité des cas, l'amorçage ne présente pas de difficulté et se fait rapidement.

Tableau 20 Résultats pour les critères 4 et 5

Critères/Système de pompage testé		Pompe de vidange centrifuge autoamorçante			Pompe centrifuge submersible		Pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur	Pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur		Citerne vacuum agricole et industrielle	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4- Facilité pour débouchage	Épisode ou possibilité de débouchage	À la main, directement au niveau de la pompe ou des tuyaux.			Soulever la pompe et nettoyer les hélices à la main ou seulement arrêter la pompe et repartir la pompe.		Possibilité de nettoyer l'entrée de la pompe. Le système de pompage est difficile à déboucher. Possibilité de démancher sur le tuyau de sortie la jonction des deux tuyaux pour les nettoyer si nécessaire. Difficile de déboucher le canon à eau, possibilité d'entrer une tige pour le déboucher et en frappant dessus.	À la main directement au niveau des tuyaux.		À la main directement au niveau du tuyau de pompage ou en inversant le vacuum.	
		Il est possible de l'ouvrir en quelques minutes avec des outils.	Assez difficile à ouvrir (4 vis), ça prend des outils pour les vis. Il faut bien nettoyer avant de pouvoir refermer.	Il est possible d'ouvrir la pompe à la main par 2 vis si pas trop serrées, la nettoyer et la refermé en moins de 15 minutes. Il faut nettoyer comme il faut avant de pouvoir refermer.							
5- Amorçage	Temps approximatif	1 min 40 sec	35 à 50 sec	15 sec	0 sec	0 sec	5 à 10 sec	1 min 10 sec	15 sec à 1 min 10 sec	20 sec	2 min

4.9.5 Analyses des échantillonnages et du Critère 6 – Acceptation des matières solides:

Pour ce point, voir le tableau 21. La masse volumique mesurée avant le début du nettoyage et du pompage variait entre 0,99 et 1,49 g/ml. Cette variation s'explique principalement par le fait qu'il restait plus ou moins d'eau au fond de l'étang. Il est constaté qu'avec une concentration plus élevée en solides totaux, la masse volumique est plus élevée et pour une concentration plus faible, la masse volumique est plus près de 1, soit celle de l'eau. Par contre, pour les boues au fond de l'étang utilisées pour tester le système de pompage 4, la concentration est plus élevée que celle des systèmes 2, 6 et 7 et la masse volumique est plus faible. Ce résultat est difficilement explicable.

La siccité de la boue au fond de l'étang mesurée avant le début du nettoyage et du pompage variait entre 5 et 74 %. La concentration moyenne en solides totaux mesurée lors des échantillonnages effectués avant le pompage variait entre 48 et 1 100 g/l. La concentration moyenne en solides totaux mesurée lors des échantillonnages faits durant le pompage variait entre 9 et 365 g/l. Pour chaque système de pompage, la concentration en solides totaux est moindre pendant le pompage qu'avant le début du nettoyage et du pompage. Ceci est dû à l'ajout d'eau pour le nettoyage et pour faciliter le pompage. Aucune relation n'a pu être établie entre la concentration en solides totaux et la vitesse de nettoyage (débit) pour les échantillons pris pendant le pompage, et ce, pour tous les systèmes de pompage. Il a été comparé pour plusieurs essais un débit mesuré lors d'un essai avec les résultats pour les solides totaux de l'échantillonnage ou la moyenne des échantillonnages qui a été fait pendant la même période où ce débit a été évalué. Le fait que l'échantillon ou les échantillons soient pris ponctuellement plutôt que pour l'ensemble des moments où le débit est évalué a pu empêcher la mise en évidence d'une relation entre la concentration en solides totaux et la vitesse de nettoyage ou il n'y a pas de lien entre les deux.

La concentration en solides totaux est égale à la concentration en matière inorganique additionnée à la concentration en matière organique (solides totaux volatils). Ainsi, il a été déterminé que le pourcentage de matière organique mesurée avant le début du nettoyage et du pompage variait entre 1 et 65 %. La matière organique mesurée lors des échantillonnages pris durant le pompage variait entre 9 et 75 %. Le pourcentage de matière organique pendant le pompage est supérieur à celui avant le pompage pour 9 des 10 systèmes de pompage testés. Une des explications possibles est que lors du pompage des boues, les berges sont nettoyées, ce qui augmente la quantité de matière organique dans les boues récupérées au

fond de l'étang. Le pourcentage élevé de matière organique présent dans l'étang de sédimentation pour le système de pompage 5 s'explique par le fait que c'est une pisciculture en bassins artificiels et utilisant de l'eau souterraine. L'eau usée des bassins artificiels est acheminée à l'étang de sédimentation et contient peu de matière inorganique (matière qui ne provient pas d'animaux ou de végétaux), car ces unités de production ne sont pas en terre. Donc, il n'y a pas de sédiments provenant des berges et du fond des étangs en amont comme pour les autres étangs où les essais ont été effectués. De plus, l'eau souterraine contient peu de sédiments qui sont une source de matière inorganique. Ainsi, il est possible de constater que pour 9 des 10 systèmes de pompage, beaucoup de sédiments pompés sont inorganiques, donc ne proviennent pas des rejets des poissons ou des végétaux environnants. Ils proviennent de l'eau circulant dans la pisciculture ou de l'érosion des berges et du fond des étangs. Aucune relation n'a pu être établie entre le pourcentage de matières organiques lors du pompage et la vitesse de nettoyage (débit), pour les échantillons pris pendant le pompage pour chaque système de pompage. Un débit mesuré lors d'un essai a été comparé avec les résultats pour la concentration en matières organiques de l'échantillonnage ou la moyenne des échantillonnages qui ont été faits pendant la même période où ce débit a été évalué. Tel que mentionné pour les solides totaux, la méthode d'échantillonnages a pu empêcher la mise en évidence d'une relation entre le pourcentage de matière organique et la vitesse de nettoyage. Une autre possibilité est qu'il n'y a simplement pas de lien entre les deux. Pour l'ensemble des résultats provenant des échantillonnages, la méthode peut être une cause d'erreur possible considérant qu'il était difficile d'avoir un échantillon représentatif au fond de l'étang et même pendant le pompage.

Pour ce qui est de l'acceptation des matières solides, les roches et les branches semblent les plus problématiques pour nuire au pompage, car ils peuvent causer un colmatage. Les roches et les branches peuvent également causer des bris en fonction de leur grosseur. En ce qui a trait à la terre, une difficulté s'est présentée pour un des essais de la pompe à injection, soit le système 8. Il y a eu de la sédimentation dans le tuyau de sortie. Probablement dû au fait que l'entrée avait été modifiée à 4 (10,1 cm) au lieu de 8 po (20,3 m) et la sortie était de 6 po (15,2 cm) (voir section 4.9.8). Ce qui fait que la vitesse diminuait dans le tuyau de sortie qui était installé pour remplir une citerne. Cette entrée avait été modifiée suite à l'essai du système 7. Lors de cet essai, le tuyau d'aspiration de 8 po fourni avec la location du système de pompage mesurait seulement 6,9 m de long et dont la moitié était constitué d'un tuyau en caoutchouc assez rigide et l'autre moitié, d'un tuyau en

aluminium. La courte longueur du tuyau, son diamètre plutôt grand et le type de tuyau le rendaient peu malléable. C'est pourquoi pour l'essai suivant, il a été décidé de diminuer le diamètre de l'entrée de la pompe par l'installation d'un raccord pour utiliser le tuyau de 4 po en PVC plus malléable et plus long qui est utilisé pour le système de pompage 9.

Pour les feuilles mortes et herbes, leur pompage semble assez facile sauf lors de l'utilisation de certaines crépines, principalement une crépine grillagée. Pour trois systèmes de pompage, une crépine a été utilisée. C'est celle utilisée pour le système de pompage 3 qui semblait mieux fonctionner, mais dans cet étang, il y avait peu de causes possibles de colmatage (roches, branches, feuilles, herbe). La crépine empêchait quand même les roches d'un diamètre supérieur au trou de cette dernière de se rendre à la pompe et ainsi limitait les risques de bris. La crépine utilisée avec le système de pompage 4 a dû être enlevée, car elle colmatait rapidement. Par contre dans cet étang, il y avait beaucoup de causes possibles de colmatage, une crépine grillagée étant plus propice au colmatage par des feuilles, des branches et des herbes. La crépine du système de pompage 6 couvrait seulement le bas de la pompe. Lors des essais, le grillage a plié et il a dû être replacé. Le pliage a été possiblement causé par les roches de 2 à 3 po (5 à 7,6 cm) qui avaient été installées pour faire une zone de pompage. Elles ont pu être entrainées dans l'entrée du système en passant par-dessus le grillage. À cet endroit, il y a une turbine à palettes dont la rotation a pu provoquer le pliage en poussant les roches contre ce dernier.

Tableau 21 Résultats pour le critère 6

Critères/Système de pompage testé		Pompe de vidange centrifuge autoamorçante			Pompe centrifuge submersible		Pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur	Pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur		Citerne vacuum agricole et industrielle	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Analyses échantillonnages	Masse volumique avant le début du nettoyage et le pompage (g/ml)	1,05	1,31	1,49	1,09	0,99	1,25	1,25	1,39	1,38	1,38
	Solides totaux avant le pompage (g/l)	100	490	1100	630	48	530	440	780	850	740
	Siccité avant le début du nettoyage et le pompage	10%	37%	74%	58%	5%	42%	35%	56%	62%	54%
	Solides totaux moyens pendant le pompage (g/l)	25	291	44	123	19	9	139	18	365	250
	Matière organique avant le début du nettoyage et le pompage	22%	7%	2%	1%	65%	7%	17%	10%	6%	11%
	Matière organique moyenne pendant le pompage	22%	9%	14%	16%	75%	9%	16%	20%	15%	13%
6- Acceptation des matières solides	Crépine	Non	Non	Oui, en métal avec des trous d'un diamètre de 3 cm.	Oui, un grillage a été installé pendant un certain temps autour de la pompe.	Non	Oui en partie, un grillage est installé dans le bas de la pompe.	Non	Non	Non	Non

4.9.6 Critère 7 – Installation piscicole

Pour l'installation piscicole (voir tableau 22), une zone de pompage était utilisée lors de 2 des 10 essais. Une dépression à même le fond de l'étang était utilisée lors de 4 des 10 essais. Selon ce que nous avons vu, il est recommandé d'utiliser une zone de pompage ou une dépression dans le fond de l'étang. Ceci facilite le maintien de l'entrée du tuyau de pompage et des pompes submersible sous le niveau de boue, car ils sont installés dans la zone de pompage ou la dépression qui sont à un niveau inférieur au reste du fond de l'étang. Cela permet également de pousser la boue toujours vers le même endroit, soit vers cette zone de pompage ou de dépression. Des enrochements des talus ont été vus dans 5 des 10 essais. Lorsqu'il y a de l'enrochement, il est important de faire attention à ce que les roches qui ont descendu au fond de l'étang naturellement ou lors du nettoyage ne soient pas acheminées vers le système de pompage. Pour ce faire, les roches peuvent être enlevées manuellement lors du nettoyage avant leur entrée dans le système de pompage ou bien, une crépine peut être installée à l'entrée de la pompe ou du tuyau d'entrée. La végétation environnante autour des étangs où les essais ont eu lieu a été observée. Il a été constaté que pour 8 des 10 essais, il y avait présence d'arbres et de plantes autour de l'étang et pour les 2 autres essais, il y avait seulement de l'herbe. La végétation environnante peut donc amener des sources de colmatage des systèmes de pompage, en particulier des branches ou des parties de branches qui doivent être de préférence enlevées avant leur entrée dans les systèmes de pompage. De plus, si une crépine avec grillage est utilisée, l'herbe taillée et les feuilles peuvent être une source de colmatage de la crépine.

4.9.7 Critère 8 – Sécurité des utilisateurs

Pour la sécurité des utilisateurs (voir tableau 22), il a été constaté qu'il peut être assez dangereux physiquement de descendre dans le fond de l'étang lors des nettoyages. La pente est souvent abrupte et inégale, avec des roches et de la boue, ce qui augmente le risque de chute. En conséquence, il est recommandé de prévoir une partie du talus des étangs moins abrupte, sans inégalité et dégagée afin de faciliter la descente. Un certain risque existe aussi lors du déplacement des équipements, principalement étant donné leur poids (voir tableau 25) ou leur encombrement. Une attention particulière doit être portée pour éviter de heurter ou d'écraser une personne lors des déplacements. Il y a aussi un danger d'exposition à des gaz lors du nettoyage des citernes, principalement s'il faut entrer à l'intérieur de ces dernières. Il est donc préférable d'éviter d'y entrer lors du nettoyage et utiliser par exemple un jet sous pression.

Tableau 22 Résultats pour les critères 7 et 8

Critères/Système de pompage testé		Pompe de vidange centrifuge autoamorçante			Pompe centrifuge submersible		Pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur	Pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur		Citerne vacuum agricole et industrielle	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7- Installation piscicole	Zone de pompage	Non, mais dépression au fond de l'étang	Non, mais l'étang à une pente sur toute sa longueur vers le moine (sortie des eaux)	Non, mais dépression au fond de l'étang	Non	Oui, trou d'homme au fond de l'étang	Une dépression au fond de l'étang, avec une ancienne zone de pompage	Non	Non	Non	Oui, en béton et plastique
	Enrochement des talus de l'étang	Oui	Non	Un peu	Non	Non	Non	Non	Un peu	Un peu	Oui
	Nature environnante	Arbres et végétations autour de l'étang		Herbes autour de l'étang	Arbres et végétations autour de l'étang	Herbes autour de l'étang	Arbres et végétations autour de l'étang				
8- Sécurité des utilisateurs	Descente dans l'étang	Dangereux					Pas besoin de descendre dans l'étang	Dangereux			
	Déplacement équipement	Système de pompage assez difficile à déplacer à la main, l'utilisation de machinerie est recommandée.				--	Danger lors du déplacement du système de pompage à l'aide d'un tracteur				
	Nettoyage du système de pompage	--	--	--	--	--	--	--	--	--	Danger dût au gaz à l'intérieur, si entrer dans la citerne.

4.9.8 Critère 9 – Travail du pisciculteur

En ce qui concerne le travail du pisciculteur (voir tableaux 23 et 24), il a été constaté qu'un ajout d'eau pour le nettoyage est effectué tout au long du pompage ou par intermittence, et ce, pour 9 des 10 essais. Par contre, pour le système de pompage 5 où il n'y a pas eu d'ajout d'eau, il y avait, lors du début du pompage pour le nettoyage, 30 cm d'eau au fond. Cette eau était présente, car l'évacuation de la frange d'eau claire a dû être arrêtée à cette hauteur. Ceci parce qu'il y avait des flottants qui n'avaient pas le temps de sédimenter et qui se rendaient directement dans l'étang de sédimentation suivant et à l'effluent. Pour l'ajout d'eau lors du nettoyage, des pompes ont été utilisées pour 8 des 10 essais avec des tuyaux variant entre 1,5 et 3 po (3,8 à 7,6 cm) ayant ou non des réduits à leurs sorties. Les débits mesurés pour certaines pompes varient entre 12 m³/h (44 gpm Imp) et 35 m³/h (128 gpm Imp). Les débits ont été mesurés par la méthode volumétrique, saufs pour les systèmes de pompage 8 et 9 où ils ont été mesurés avec le débitmètre portatif. Le débit est le même pour les deux systèmes, car c'est le même système d'ajout d'eau qui a été utilisé. Pour le système de pompage 5, la journée suivant les essais, le nettoyage de l'étang de sédimentation a été complété, selon le pisciculteur, avec un ajout d'eau avec une pompe centrifuge à l'essence. Lors de nos essais, avec ce système de pompage, il y avait assez d'eau au fond de l'étang pour que le pompage s'effectue correctement, tandis que lors de l'essai des systèmes de pompages 6 et 7, il y a eu un peu d'ajouts d'eau par l'entrée d'eau de l'étang. Pour le système 6, un canon présent sur la pompe testée qui provoque un jet d'eau qui est dirigeable a été essayé. L'eau qui alimente le canon provient de l'étang, mais le jet n'est pas assez puissant pour nettoyer l'ensemble du fond de l'étang et des talus. Pour les systèmes 7 et 8, le terme injection dans le nom de la pompe signifie qu'il aurait été possible d'ajouter un tuyau d'injection à grande portée qui peut être utilisé pour brasser et nettoyer l'étang. Ce système a été conçu pour les fosses en béton contenant des déjections animales agricoles. Lors des essais, nous n'avons pas utilisé ce tuyau d'injection, car nous ne voulions pas déstabiliser les berges.

Il a été constaté pour des étangs en terre qu'un ajout d'eau est requis, afin de diluer les boues et d'effectuer le nettoyage du fond et des talus des étangs. Pour tous les systèmes de pompage testés, il a été observé qu'il est mieux de fournir la quantité d'eau nécessaire à la dilution, avec un débit permettant d'ajouter de l'eau pendant une grande partie du pompage. Ceci, car il est préférable de ne pas avoir de période d'ajout d'eau suivi de période sans ajout

d'eau. Effectivement, durant les périodes sans ajout d'eau les matières en suspension ont la possibilité de sédimenter et il arrive parfois que ce soit de l'eau beaucoup plus claire qui soit pompée, alors que le but est de pomper les sédiments. Lors des périodes sans ajout d'eau, le pisciculteur doit faire plus de travail manuel ou utilisé de l'équipement pour pousser les boues au fond de l'étang vers le système de pompage, afin de s'assurer de pomper le plus possible de sédiments accumulés au fond de l'étang. Le raclage et le déplacement des boues a été fait selon plusieurs méthodes telles que par l'ajout d'eau, avec une pelle, des râteaux en métal ou en bois, un balai, une gratte en bois tiré par deux hommes, un VTT avec gratte à l'avant et pour la pompe à fumier, avec un canon à eau. Lors des essais, il a été observé si les étapes de la fiche technique aquaenvironnementale 9.1.1 (voir annexe 1) étaient respectées. Pour les systèmes de pompage 1 à 4 et 7 à 10, les étapes #1 (qui consiste à arrêter ou dévier les eaux d'entrée) et #2 (qui consiste à évacuer la frange d'eau claire) ont été réalisées avant les essais. L'étape #3, le nettoyage de l'étang, a été respectée, mais pas toujours complétée lors des essais. Pour le système de pompage 5, l'étape #1 a été réalisée avant les essais et les étapes #2 et #3 ont été respectés, tandis que pour le système de pompage 6, les étapes #1 et #2 ont été réalisées avant les essais et l'étape #3 n'a pas été respectée, car le fond et les berges de l'étang n'ont pas été nettoyés en entier. Lors de la réalisation de l'étape #3, il a été constaté pour tous les systèmes de pompage que l'étape #1 était respectée, par contre dans deux cas, l'entrée d'eau a été ouverte pour ajouter de l'eau pour le nettoyage tout en s'assurant qu'il n'y a pas d'eau qui sort de l'étang par sa sortie. Lors des essais, il a été constaté que 5 étangs ont été nettoyés au complet et 5 autres n'ont pas été nettoyés en entier principalement par manque de temps. L'étang de sédimentation pour le système 3 était très grand à nettoyer, tandis que pour l'étang de sédimentation pour le système 6, il n'a pas été nettoyé en entier, car le canon à eau n'a pas permis de nettoyer les berges et le fond complètement. Pour le système 8, le nettoyage de l'étang a été complété par le système 9 suite au colmatage causé par la sédimentation dans le tuyau de sortie. L'étang de sédimentation qui a été utilisé pour les systèmes 4 et 7 n'a pas été nettoyé en entier, car il y avait beaucoup de boue au fond de cet étang qui n'avait jamais été nettoyé auparavant.

4.9.9 Critère 10 – Spécification technique

Pour les spécifications techniques (voir tableau 25), les coûts approximatifs des systèmes de pompage varient 1 500 et 200 000$. Les diamètres des tuyaux ont varié entre 3 à 8 po (7,6 à 20,3 cm). Dans un cas, l'entrée de la pompe était plus petite que la dimension du tuyau et

dans deux cas, elle était supérieure. Dans un cas, la sortie du tuyau de la pompe était plus petite que la dimension du tuyau. Les tuyaux utilisés doivent être choisis pour chaque système de pompage en fonction de leur rôle d'aspiration, succion ou de décharge d'eau ainsi que de l'endroit de la décharge d'eau, par exemple une citerne. Tous les systèmes de pompage semblent difficiles à déplacer, soit par leur poids ou leur encombrement. Le système de pompage 9 est capable de se déplacer par lui-même, car il est installé sur un camion. Les systèmes de pompage 1 à 5 semblent possibles à déplacer manuellement et pour les autres, de la machinerie est nécessaire. Pour le fonctionnement des systèmes de pompage, une source d'énergie est requise. Elle peut être de l'essence, de l'électricité ou la prise de force d'un tracteur ou d'un camion. Pour le tracteur, une certaine puissance minimale du moteur doit être respectée. Les deux modèles de pompe à injection ont été testés avec un tracteur ayant une puissance inférieure à ce qui est recommandé dans la fiche technique du fabricant. Ceci parce que nous avions accès à un tracteur de cette puissance dans l'entreprise choisie pour tester ce type de système de pompage. Les spécifications techniques seront abordées aussi dans la section 4.10 ou encore, il est possible de les obtenir dans les fiches techniques des fabricants.

Tableau 23 Résultats pour le critère 9 partie 1

Critères/Système de pompage testé		Pompe de vidange centrifuge autoamorçante			Pompe centrifuge submersible		Pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur	Pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur		Citerne vacuum agricole et industrielle	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9- Travail du pisciculteur (partie 1)	Équipement pour ajout d'eau pour le nettoyage	Pompe électrique non submersible de type pompe à piscine	Pompe centrifuge à l'essence		Pompe à l'essence	--	Avec l'entrée d'eau et avec le canon présent sur la pompe qui envoie un jet d'eau pris à même l'étang.	Pompe à l'essence	Pompe centrifuge à l'essence		Pompe électrique non submersible de type pompe à piscine
	Ajout d'eau nettoyage des berges et du fond	Durant tout le pompage, débit 12 m³/h avec un tuyau de 1,5 po	En intermittence pendant et entre les pompages, débit 29 m³/h avec un tuyau de 2 po	En intermittence pendant le pompage, débit 13 m³/h avec un tuyau de 1,5 po	En intermittence pendant le pompage avec un tuyau de 3 po réduit à 1,5 po	Sans ajout d'eau, au début du pompage il y a environ 30 cm d'eau au fond de l'étang	Sans ajout d'eau durant la première partie du pompage. À la fin ouverture de l'entrée d'eau. Nettoyage des berges et du fond par le canon, mais il ne permet pas d'envoyer l'eau sur les talus et le fond de l'ensemble de l'étang.	En intermittence pendant le pompage avec un tuyau de 3 po réduit à 1,5 po, mais également par l'entrée d'eau	En intermittence pendant le pompage, débit 35 m³/h. Tuyau de 3 po avec un réduit.		Presque tout le long du pompage, débit de 12 m³/h avec un tuyau de 1,5 po

Tableau 24 Résultats pour le critère 9 partie 2

Critères/Système de pompage testé		Pompe de vidange centrifuge autoamorçante			Pompe centrifuge submersible		Pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur	Pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur		Citerne vacuum agricole et industrielle	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9- Travail du pisciculteur (partie 2)	Raclage et déplacement des boues	Surtout par ajout d'eau et un peu avec une pelle gratte de plastique	Surtout par ajout d'eau, aussi avec un VTT et avec un râteau. Boue difficile à pousser, car séchée depuis quelques jours	Surtout par ajout d'eau, mais également avec un balai	Surtout par ajout d'eau	Par intermittence avec une gratte de bois d'environ 1,8 m (6 pi) tiré par 2 personnes	Avec le canon à eau par intermittence	Surtout par ajout d'eau et un peu avec un râteau	Par ajout d'eau en intermittence et avec des râteaux en intermittence		Surtout par ajout d'eau et parfois avec une pelle ronde
	Fiche technique 9.1.1	Étapes #1 et #2 réalisées avant les essais et étape #3 respectée				Étape #1 réalisée avant les essais et les étapes #2 et # 3 respectées.	Étapes #1 et #2 réalisées avant les essais et l'étape #3 n'est pas respectée	Étapes #1 et #2 réalisées avant les essais et étape #3 respectée			
	Nettoyage complet lors des essais	Oui	Non, manque de temps	Oui	Non, manque de temps, étang de sédimentation n'avait jamais été vidé, beaucoup de boue	Non, manque de temps	Non	Non, manque de temps, étang de sédimentation n'avait jamais été vidé, beaucoup de boue	Oui, mais complété avec le système 9	Oui	Oui

Tableau 25 Résultats pour le critère 10

Critères/Système de pompage testé		Pompe de vidange centrifuge autoamorçante			Pompe centrifuge submersible		Pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur	Pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur		Citerne vacuum agricole et industrielle	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10- Spécification technique	Coût approximatif	2 000$ à 5 000$			1 500 à 6 000 $		20 000 $ et 70$/h pompe + tracteur et 100$/h par citerne à forfait	9 000 $		200 000 $ et 100$/h à forfait	25 000 $
	Diamètre tuyau entré	Entrée pompe 3 po, mais tuyau 4 po	4 po	4 po	--	--	--	8 po	Entrée pompe 8 po, mais tuyau 4 po	Entrée pompe 6 po, mais tuyau 4 po	6 po
	Diamètre tuyau de sortie	Sortie pompe 3 po, mais tuyau 4 po	4 po	4 po	3 po	3 po	5,5 po	6 po	6 po	--	
	Déplacement du système	Possibilité manuellement par plus d'une personne ou avec machinerie. Poids de la pompe environ 60 à 100 kg.			Possibilité manuellement par plus d'une personne ou avec machinerie. Poids de la pompe environ 60 kg.		Avec machinerie par exemple un tracteur.	Avec machinerie par exemple un tracteur.		Il se déplace de manière indépendante.	Avec machinerie par exemple un tracteur.
	Source d'énergie	Essence			Électrique		PDF d'un tracteur, minimum de 100 HP, essais avec 180 HP	PDF d'un tracteur, minimum de 60 HP, essais avec 50 HP		PDF du camion	PDF d'un tracteur, minimum de 60 HP, essais avec 70 HP
		7 HP	10,7 HP	9 HP	6 HP	3 HP					

4.10 Listes de caractéristiques importantes pour chacune des cinq catégories de systèmes de pompage testées

Dans cette section, il est présenté une liste de caractéristiques importantes de façon non exhaustive pour chaque catégorie de système de pompage testé. Par contre, certaines caractéristiques pourraient être plus importantes pour certaines entreprises comparativement à d'autres selon chaque situation dans les pisciculteures.

4.10.1 Pompe de vidange centrifuge autoamorçante

- Coût d'achat: Il varie entre 2 000 $ et 5 000 $.
- Alimentation : Essence
- Espace de rangement requis selon les dimensions: Moins de1 m³.
- Poids lors du déplacement manuel: Environ 60 à 100 kg
- Disposition ou valorisation des boues : Elle doit se faire directement à la sortie du tuyau de la pompe ou avec un réservoir (citerne) prévu pour accumuler les boues.
- Débit : Lors des essais, le débit moyen était en 4e position (27 m³/h) (voir tableau 19).

4.10.2 Pompe de vidange centrifuge submersible

- Coût d'achat: Il varie entre 1 500 $ à 6 000 $
- Espace de rangement requis selon les dimensions: Moins de 1 m³
- Poids lors du déplacement manuel: Environ 60 kg
- Alimentation : Électrique, un panneau de contrôle peut être requis et des exigences particulières (courant et tension) selon le type de pompe utilisé.
- Disposition ou valorisation des boues : Elle doit se faire directement à la sortie du tuyau de la pompe ou avec un réservoir (citerne) prévu pour accumuler les boues.
- Débit : Lors des essais, le débit moyen a été le plus faible mesuré (12 m³/h) (voir tableau 19).

4.10.3 Pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur

- Débit : Lors des essais, le débit moyen était le plus élevé (114 m³/h) (voir tableau 19).
- Location : Elle peut être utilisée à forfait.
- Positionnement dans l'étang : Elle ne possède pas de tuyau d'aspiration. Une zone de pompage est obligatoire et elle doit être positionnée en fonction de la longueur entre le tracteur et l'ouverture de la pompe.

- Espace de rangement requis selon les dimensions: Si elle est achetée et avec les roues, elle est assez grande, soit d'environ 2 m de largeur par 7 m de longueur par 3,5 m de hauteur.
- Alimentation : La puissance minimale du tracteur requise est d'un minimum de 100 HP. (Elle a été testée avec tracteur de 180 HP).
- Colmatage : Difficile à déboucher
- Disposition ou valorisation des boues : Un réservoir (citerne) doit être prévu pour accumuler les boues. Une option qui serait peut-être à envisager est le prolongement du tuyau de sortie ou un tuyau de sortie différent pour valoriser directement.
- Coût d'achat ou location : Il est d'environ 20 000 $ et à forfait d'environ 70 $/h pompe et tracteur et 100 $/h citerne

4.10.4 Pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur

- Type pompe : Elle est vacuum, le mécanisme pour le pompage ne peut pas être colmaté, car il ne touche pas au liquide. Seuls les tuyaux d'entrée et de sortie peuvent se colmater.
- Positionnement dans l'étang : Le vacuum semble difficile à maintenir sans zone de pompage. Une zone de pompage est obligatoire.
- Débit : Lors des essais, le débit moyen était en 2e position (42 m³/h) (voir tableau 19).
- Espace de rangement requis selon les dimensions: Environ 1,7 m de largeur par 1,8 m de longueur par 1,8 m de haut.
- Coût d'achat : il est d'environ 9 000 $
- Alimentation : La puissance minimale du tracteur requise est d'un minimum de 60 HP (testé avec tracteur de 50 HP)
- Disposition ou valorisation des boues : Un réservoir (citerne) doit être prévu pour accumuler les boues. Une option qui serait peut-être à envisager est le prolongement du tuyau de sortie ou un tuyau de sortie différent pour valoriser directement.

4.10.5 Citerne vacuum agricole et industrielle

- Type pompe : Elle est vacuum, le mécanisme pour le pompage ne peut pas être colmaté, car il ne touche pas au liquide. Seul le tuyau d'entrée peut se colmater.
- Débit : Lors des essais, le débit moyen était en 3e position (37 m³/h) (voir tableau 19).
- Disposition ou valorisation des boues : La citerne permet d'accumuler, déplacer et valoriser les boues.
- Location : La citerne peut être utilisée à forfait.

- Coût achat ou location: Il est d'environ 25 000 $ pour la citerne agricole et de 200 000 $ et 100 $/h pour la citerne industrielle.
- Alimentation : La puissance minimale du tracteur requise est d'un minimum de 60 HP pour la citerne agricole.
- Espace de rangement requis selon les dimensions : Environ de 3,7 à 9,5 m par 1,8 à 2,5m par plus de 2m de haut

5 CONCLUSION, IMPACTS ET SUITES

Ce projet a permis de tester 10 modèles de systèmes de pompage appartenant à 5 catégories. Les essais ont permis de documenter plusieurs critères d'évaluation des systèmes de pompage. Le choix d'un système de pompage est propre à chaque pisciculture en fonction de plusieurs conditions et des différentes caractéristiques de chaque système. Les principales conditions pour faire un choix sont : le volume de boue à récupérer, le temps requis et disponible pour réaliser le nettoyage des étangs, la proximité du lieu de valorisation, la méthode de valorisation, la source d'énergie (essence, électricité, tracteur), l'installation piscicole et le coût ou le type de machinerie disponible (achat versus location et forfait). Il est également important d'adapter la méthode de nettoyage d'un étang au système de pompage choisi en ce qui concerne le débit d'ajout d'eau, la méthode de raclage et de déplacement des boues et l'enlèvement des solides nuisibles au pompage. Il existe de nombreux autres modèles de système de pompage sur le marché et d'autres catégories pourraient probablement être utilisées. Par exemple, une pompe à fumier centrifuge avec tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur. Afin de valider l'utilisation d'autres types de système de pompage, d'autres essais seraient requis. Avec les données recueillies lors de ce projet, une fiche technique aquaenvironnementale sur la description des choix possibles de systèmes de pompage pour la récupération des boues sera produite et mise à jour continuellement par le MAPAQ et elle sera disponible sur demande afin d'aider les piscicultures à faire leur choix lors de l'achat d'un système de pompage. Ce projet a également permis de déterminer que le débitmètre portatif à effet doppler testé ne semble pas être un outil facilement utilisable sur le terrain et avec une précision suffisante. Par contre, d'autres études seraient nécessaires afin de valider si des ajustements différents de ce débitmètre sont requis ou si d'autres modèles de débitmètre sont utilisables pour évaluer le débit de pompage et le volume de boue.

6 RÉFÉRENCES

MAPAQ, MDDEP et AAQ. 2005. Rapport global. Phase 1 – portrait aquaenvironnemental de la Stratégie de développement durable de l'aquaculture en eau douce au Québec.

Gouvernement du Québec, 2010. Règlement sur l'aquaculture commerciale (L.R.Q., c. A-20.2, r. 1)

Marcotte, D. 2008. Évaluation de la proportion du phosphore récupéré par l'enlèvement des boues des étangs d'élevage. SORDAC. Document de transfert de technologie nº 2008.1, 19 p.

ANNEXE 1 FICHE TECHNIQUE AQUAENVIRONNEMENTALE 9.1.1 - GESTION POUR LA RÉCUPÉRATION DES BOUES SÉDIMENTÉES DANS DES ÉTANGS

Gestion pour la récupération des boues sédimentées dans des étangs

Dernière mise à jour
le 10 janvier 2012

Description

Les étangs d'élevage et/ou de sédimentation sont opérés de façon à ce que les boues s'y accumulent pendant plusieurs mois afin de pouvoir les récupérer au minimum 1 fois par année, ou pour les étangs d'élevage normalement à la fin du cycle de production des poissons, normalement à un intervalle de 1 à 2 ans.

La méthode de récupération ou de gestion de ces boues a une grande importance sur l'efficacité de récupération du phosphore. Mal réalisée, cette activité peut causer une perte très importante de phosphore et anéantir rapidement tout l'effort de sédimentation réalisé précédemment.

Pour réaliser l'étape de récupération des boues, 2 méthodes sont proposées :

Méthode #1 : récupération des boues à l'aide d'une pompe en diluant les boues;

Méthode #2 : récupération des boues par pelletage à l'aide de machinerie. Pour les récupérer de cette façon, les boues doivent subir un assèchement ou diminution de leur teneur en eau, c'est-à-dire qu'il est requis de prévoir une période de ressuyage.

Principes de base – Méthode #1 – Pompage des boues liquides

Principe : consiste à utiliser un jet d'eau propre pour nettoyer le fond et les berges des étangs tout en diluant les boues afin de les récupérer à l'aide d'une pompe.

Étapes de réalisation :

Étape #1 : Arrêter ou dévier les eaux d'entrée vers les paliers situés en aval de l'étang à nettoyer. Il est requis d'utiliser des conduites de déviation fixes ou temporaires;

Étape #2 : Évacuer la frange d'eau claire située au-dessus du voile de boue en baissant le niveau d'eau de l'étang, soit la mise à sec de l'étang. Il faut cependant considérer les points suivants :

***Pour les étangs élevage** :*

⇒ Pour une vidange de l'eau claire par gravité, il faut que le système de mise à sec permette en tout temps de conserver le niveau d'eau au dessus du niveau le plus élevé du voile de boue. Il est préférable de baisser graduellement ce radier durant la vidange afin de déterminer la position de ce voile de boue. Utiliser un débit qui est inférieur, au débit normalement rencontré dans l'étang, afin d'éviter d'entrainer les sédiments et de déstabiliser les talus qui peuvent être gorgés d'eau. De plus, pour ne pas créer de lessivage dans le ou les paliers inférieurs qui reçoivent toutes ces eaux, il est requis de réaliser la vidange de l'eau claire durant un nombre minimal d'heures afin de conserver une charge superficielle adéquate dans le ou les paliers récepteurs. Des calculs sont requis afin de déterminer ce débit ou nombre d'heures en fonction des installations de la pisciculture. Près du voile de boue, réduire ce débit afin d'éviter d'entrainer des sédiments;

⇒ Pour une vidange de l'eau claire à l'aide d'une pompe, mêmes recommandations que la vidange par gravité, excepté qu'il faut ici maintenir en tout temps le point de succion au dessus du niveau le plus élevé du voile de boue. Il est préférable de baisser graduellement ce point de succion ou de le faire suivre avec le niveau d'eau durant la vidange afin de déterminer la position de ce voile de boue;

⇒ Dans les 2 méthodes de vidange précédentes, arrêter l'évacuation de l'eau claire lorsque le voile de boue est atteint ou que des sédiments commencent à être entrainés avec ce débit. L'évacuation de l'eau claire doit passer par le système de traitement avant rejet de l'effluent au milieu récepteur;

Pour les étangs de sédimentation :

⇒ Pour une vidange de l'eau claire par gravité, réaliser cette étape en deux phases :

Note : Les cotes de niveaux d'eau (AA) mentionnés dans cette section correspondent notamment à celles présentées dans les plans types de conception « SEDIM-01-2012 », disponible au MAPAQ. Tous les niveaux sont mesurés à partir du fond réel de l'étang, au niveau de la sortie d'eau et lorsque l'étang est nettoyé. Des calculs en fonction des caractéristiques de l'étang de sédimentation sont requis afin de déterminer ces niveaux et/ou designer un concept spécifique du système de contrôle des mises à sec. Les cotes de niveau utilisées sont en ordre croissant à partir du fond de l'étang et se nomment :

AA.1 : Niveau de voile de boues

AA.2 : Niveau d'eau après la deuxième phase de mise à sec (avant nettoyage)

AA.3 : Niveau d'eau après première phase de mise à sec

- **Phase #1 :** Baisser le niveau d'eau claire jusqu'à atteindre le niveau d'eau AA.3. Le système de mise à sec doit être conçu pour arrêter par lui-même la baisse du niveau d'eau à la cote AA.3. Par exemple, utiliser une chandelle en 2 sections dont l'extrémité supérieure de la section du bas est fixe à la cote AA.3. Comme pour les étangs d'élevage, utiliser un débit qui est inférieur, au débit normalement rencontré dans l'étang de sédimentation, afin d'éviter d'entrainer les sédiments et de déstabiliser les talus qui peuvent être gorgés d'eau;
- **Phase #2 :** Afin d'éviter d'entrainer les sédiments vers l'effluent, continuer de baisser graduellement le niveau d'eau tout en ajustant les débits pour atteindre le niveau d'eau AA.2. Le système de mise à sec doit être conçu pour facilement s'ajuster à la baisse graduelle du débit et arrêter le niveau d'eau à la cote AA.2. Par exemple, la section du bas de la chandelle peut être fixée à un coude afin de manuellement l'incliner ou être remplacée plusieurs fois par des sections de chandelle de longueur de plus en plus courte;

⇒ Pour une vidange de l'eau claire à l'aide d'une pompe, elle devra se faire selon les mêmes 2 phases que la vidange de l'eau claire par gravité, exceptée :

- **Phase #1 :** Le point de succion de la pompe doit être ajusté de façon à ce qu'il soit supérieur ou égal à la cote AA.3;
- **Phase #2 :** Le point de succion de la pompe doit facilement s'ajuster à la baisse graduelle et arrêter le niveau d'eau à la cote AA.2;

⇒ Dans les 2 méthodes de vidange précédentes, arrêter l'évacuation de l'eau claire lorsque le niveau d'eau a atteint AA.2 ou que des sédiments commencent à être entrainés avec ce débit;

Étape #3 : Avant de débuter le nettoyage, s'assurer que le système de contrôle des mises à sec ne permet plus de sortie d'eau. Ensuite, réaliser le nettoyage des berges et du fond de l'étang à l'aide d'un jet d'eau. Il est très important de nettoyer les berges, car étant donné leur surface (m²), elles peuvent accumuler une bonne proportion de boue et donc de phosphore. Dès ce moment, toutes les eaux boueuses doivent être immédiatement pompées à l'extérieur de l'étang vers le système de concentration, ou d'accumulation ou de disposition utilisé. Consulter les autres fiches de la section 9.

Principes de base – méthode #2 – Pelletage des boues solides

Principe : Consiste, à la suite de la vidange de la frange d'eau claire (ou la mise à sec), à laisser une période de ressuyage des boues afin d'être en mesure de les récupérer ultérieurement à l'aide d'un équipement mécanique, par exemple une pelle mécanique. Cette méthode permet donc de récupérer un plus petit volume de boue en raison du retrait d'une bonne proportion de l'eau par évaporation et infiltration dans le sol.

Étapes de réalisation :

Étape #1 : identique à l'étape #1 de la méthode #1;

Étape #2 : identique à l'étape #2 de la méthode #1;

Étape #3 : Il est toujours recommandé de réaliser le nettoyage des berges de l'étang à l'aide d'un jet d'eau. Si ces volumes d'eau de nettoyage doivent être évacués afin d'accélérer le ressuyage des boues, vous devrez, avant d'évacuer ces eaux de l'étang, laisser une période minimale d'environ une journée afin de permettre une sédimentation efficace des MES;

Étape #4 : Si requis, réaliser de nouveau l'étape #2, par contre, il est nécessaire de vous assurer que toutes les eaux évacuées de l'étang soient les plus claires possible afin de conserver le maximum de phosphore dans l'étang;

Étape #5 : Lorsque toutes les eaux claires auront été évacuées, laisser une période de temps afin de permettre le ressuyage ou le « séchage » des boues. La durée de cette période sera fonction du volume résiduel d'eau claire dans l'étang, de la météo et du niveau initial de matières sèches dans les boues;

Étape #6 : Finalement, récupérez les boues à l'aide d'un équipement mécanique permettant de les pelleter à l'extérieur de l'étang vers le système de concentration, ou d'accumulation ou de disposition utilisé. Consulter les autres fiches de la section 9. Noter qu'il est important de ne pas perdre de boue lors de son transfert entre l'étang et le système de concentration, ou d'accumulation ou de disposition utilisé. Le phosphore se retrouvera relativement concentré dans ces boues.

Étape #7 : Au besoin, si vous devez procéder à un nettoyage supplémentaire du fond de l'étang, par exemple à la suite d'une mauvaise récupération des boues à l'étape #6, il est recommandé de réaliser ce nettoyage selon l'étape #3 de la méthode #1.

Sélection de la méthode

La sélection de la méthode de nettoyage dépendra, entre autres, des critères suivants :

- Du système de concentration, ou d'accumulation ou de disposition utilisé;
- De la période où est effectuée la vidange. En raison, par exemple, de la disponibilité de la machinerie, du stade des cultures agricoles et des dates d'épandage autorisées;
- Du coût d'opération ou de location des équipements et de la main-d'œuvre disponibles;
- Du temps requis et disponible :
  - ⇨ La méthode #1 peut exiger de 1 à 2 jours, tandis que la méthode #2 peut exiger plus de 2 à 3 jours;
  - ⇨ Dans le cas d'un étang de sédimentation unique, une durée plus longue que 3 jours peut commencer à être problématique au niveau du maintien d'un traitement sur l'effluent en raison de sa position dans la station, soit le dernier système avant l'atteinte des eaux à l'effluent. Ce problème peut être contourné en utilisant 2 étangs de sédimentation en parallèle et vidangés à des périodes différentes ou en réalisant la vidange pendant une période de faible production.

Plans types de conception disponibles

SEDIM-01-2012 : Étang de sédimentation, MAPAQ

Références

Marcotte, D. 2008. Évaluation de la proportion du phosphore récupéré par l'enlèvement des boues des étangs d'élevage. SORDAC. Document de transfert de technologie nº 2008.1, 19 p.

Agriculture, Pêcheries et Alimentation Québec
Direction de l'aquaculture et du développement durable
200, chemin Sainte-Foy, 11e étage
Québec (Québec) G1R 4X6
Téléphone : 418-380-2100 poste 3373
Télécopieur : 418-380-2194

ANNEXE 2 FICHE TECHNIQUE AQUAENVIRONNEMENTALE 9.4.1 – DISPOSITION DES BOUES PAR ÉPANDAGE AGRICOLE OU FORESTIER

Disposition des boues par épandage agricole ou forestier

Dernière mise à jour
le 5 décembre 2012

Description – ÉPANDAGE AGRICOLE

L'épandage agricole est une méthode simple et efficace pour valoriser les boues piscicoles. Le principe de cette valorisation est d'utiliser les boues comme amendement (engrais) sur des champs cultivés afin que les plantes puissent utiliser le phosphore (et du même coup les autres éléments nutritifs) pour leur croissance. C'est donc la dernière étape permettant de s'assurer que le phosphore et les autres éléments nutritifs ne retourneront pas dans le milieu récepteur.

Il est primordial de bien réaliser cette étape de valorisation afin de ne pas perdre tous les efforts de traitement effectués préalablement. Comme pour les autres boues ou fumiers d'origine agricole, il est donc recommandé de respecter certaines obligations lors de l'épandage agricole des boues piscicoles.

Principales obligations à respecter pour l'épandage agricole

Les obligations à respecter ont été inspirées du *Règlement sur les exploitations agricoles* de la Loi sur la qualité de l'environnement sous la responsabilité du MDDEFP qui a pour objet d'assurer la protection de l'environnement, particulièrement celle de l'eau et du sol, contre la pollution causée par certaines activités agricoles, tel l'épandage des boues piscicoles. Il est recommandé de respecter les principales obligations environnementales suivantes. Il faut toutefois garder à l'esprit que les directions régionales du MDDEFP pourraient exiger des contraintes spécifiques supplémentaires en fonction des particularités de la situation :

- L'épandage ne peut être fait que du 1er avril au 1er octobre de chaque année;
- L'épandage doit être réalisé sur un sol non gelé et non enneigé;
- L'épandage n'est permis que pour fertiliser le sol d'une parcelle en culture;
- L'épandage est interdit dans les espaces suivants :

  1° un cours ou plan d'eau ainsi qu'à l'intérieur de la bande riveraine dont les limites sont définies par règlement municipal ;

  2° en l'absence d'une bande riveraine définie par règlement municipal :

  a) dans un cours d'eau, un lac, un marécage d'une superficie minimale de 10 000 m² ou dans un étang ainsi qu'à l'intérieur d'une bande de 3 m de ceux-ci. S'appliquent aux sections de cours d'eau dont l'aire totale d'écoulement (largeur moyenne multipliée par la hauteur moyenne) est supérieure à 2 m².

  b) dans un fossé agricole et à l'intérieur d'une bande de 1 m de ce fossé.

- L'épandage doit être fait de manière à ce qu'il n'y ait pas de ruissellement dans les espaces énumérés précédemment. C'est-à-dire qu'il est requis d'entreprendre les mesures nécessaires pour empêcher que les déjections animales atteignent les eaux de surface ou les eaux souterraines. Dans ce contexte, le mot épandage est important, car il est requis de distribuer les boues uniformément sur la parcelle en évitant les accumulations. Le dosage, soit la quantité de boue épandue sur une parcelle, devrait être établi en fonction des besoins de la culture.

Description – ÉPANDAGE FORESTIER

L'épandage forestier est une méthode permettant de valoriser les boues piscicoles. Le principe de cette valorisation est d'utiliser les boues comme amendement (engrais) forestier afin que les plantes puissent utiliser le phosphore (et du même coup les autres éléments nutritifs) pour leur croissance. C'est donc la dernière étape permettant de s'assurer que le phosphore et les autres éléments nutritifs ne retourneront pas dans le milieu récepteur. Il est primordial de bien réaliser cette étape de valorisation afin de ne pas perdre tous les efforts de traitement effectués préalablement à l'intérieur de la pisciculture.

Cette méthode de valorisation n'est pas utilisée de façon courante dans le domaine agricole et elle est mentionnée principalement dans l'édition 2008 du « Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes » du MDDEFP (ministère du Développement durable, Environnement, Faune et Parcs). Tout comme la loi sur la qualité de l'environnement du MDDEFP, le principe de base de ce guide a pour objet d'assurer la protection de l'environnement, particulièrement celle de l'eau et du sol, contre la pollution causée par certaines activités. L'épandage forestier des boues provenant d'une pisciculture est considéré comme une de ces activités. Il est donc recommandé de respecter certaines obligations.

Principales obligations à respecter pour l'épandage forestier

Les obligations à respecter sont plus exigeantes que celles demandées pour un épandage agricole. Cela s'explique par les conditions plus difficiles du terrain. Le dénivelé, le couvert végétal et l'accès au terrain forestier rendent plus difficile un épandage efficace.

Ces obligations ont été inspirées du Règlement sur les exploitations agricoles et du Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes. Il est recommandé de respecter les principales obligations suivantes. Il faut toutefois garder à l'esprit que les directions régionales du MDDEFP ou les municipalités pourraient exiger des contraintes spécifiques supplémentaires en fonction des particularités de la situation :

- L'épandage ne peut être fait que du 1er avril au 1er octobre de chaque année;
- L'épandage doit être réalisé sur un sol non gelé et non enneigé;
- L'épandage est interdit dans les espaces suivants :
  1° à moins de 30 m d'un ouvrage de captage de l'eau souterraine destinée à la consommation humaine;
  2° dans un cours ou plan d'eau ainsi qu'à l'intérieur de la bande riveraine dont les limites sont ;
    a) 1 m pour un fossé agricole (< 2m²) et 1 m de tout fossé en milieu non agricole;
    b) 3 m pour un cours d'eau, lac, marécage (>10 000m²) et étang;
- Les eaux épandues doivent incorporer le sol en moins de 48 heures, si épandage sur un sol nu;
- La charge hydraulique maximale (pour les résidus liquides) doit être inférieure à 100 m³/ha/jour;
- L'épandage est autorisé sur des terrains dont la pente du sol est inférieure à 9% ou 5% si le résidu est liquide;
- L'équipement utilisé doit limiter la compaction du sol;
- L'épandage doit être fait de manière à ce qu'il n'y ait pas de ruissellement dans les espaces énumérés précédemment. C'est-à-dire qu'il est requis d'entreprendre les mesures nécessaires pour empêcher que les déjections animales atteignent les eaux de surface ou les eaux souterraines. Dans ce contexte, le mot épandage est important, car il est requis de distribuer les boues uniformément sur la parcelle en évitant les accumulations. Le dosage, soit la quantité de boue épandue sur une parcelle, devrait être établi en fonction des besoins des plantes. Les doses d'épandage en milieu forestier devraient principalement correspondre au besoin azoté des plantes, en fonction du type de peuplement et d'aménagement forestier.

Informations complémentaires

Selon les besoins ou pour obtenir de l'information lors de la planification de l'étape de la valorisation des boues piscicoles, la fiche #9.4.2 présente les données disponibles au niveau de la valeur fertilisante des boues piscicoles.

Références

Marcotte, D. 2008. Évaluation de la proportion du phosphore récupéré par l'enlèvement des boues des étangs d'élevage. SORDAC. Document de transfert de technologie nº 2008.1, 19 p.

MDDEP, 30 janvier 2009. Règlement sur les exploitations agricoles, c. Q-2, r.11.1. Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2). Gouvernement du Québec.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP), (2012). Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes : Critères de référence et normes réglementaires, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN 978-2-550-64355-5, 170 p.

Agriculture, Pêcheries et Alimentation Québec
Direction de l'aquaculture et du développement durable
200, chemin Sainte-Foy, 11e étage
Québec (Québec) G1R 4X6
Téléphone : 418-380-2100 poste 3373
Télécopieur : 418-380-2194

ANNEXE 3 PHOTOS DES SYSTÈMES DE POMPAGE TESTÉS

Pompe de vidange centrifuge autoamorçante

Figure 1 Honda WT30X

Figure 2 MQ Multiquip QP-4TH

Figure 3 Honda WT40X

Pompe centrifuge submersible

Figure 4 Godwin GSL60

Figure 5 Panneau de contrôle Godwin GSL60

Figure 6 ITT-Flyght 3085-182-4507

Pompe à fumier centrifuge sans tuyau d'aspiration sur PDF de tracteur

Figure 7 Teamco Pompe trois-points Super-mix

Pompe à injection vacuum sur PDF de tracteur

Figure 8 Machinerie agricole Bois-Francs Pompe à injection

Figure 9 Teamco Pompe à injection

Figure 10 Teamco Camion vacuum fosse septique 3000 gal Imp Pompe Ibon

Figure 11 Teamco Épandeur vacuum 2000 gal Imp Pompe Wally

ANNEXE 4 PHOTOS DU DÉBITMÈTRE PORTATIF

Figure 12 Débitmètre portatif PDFM 5.0 Portable Doppler Flow Meter de l'entreprise Greyline instruments inc.

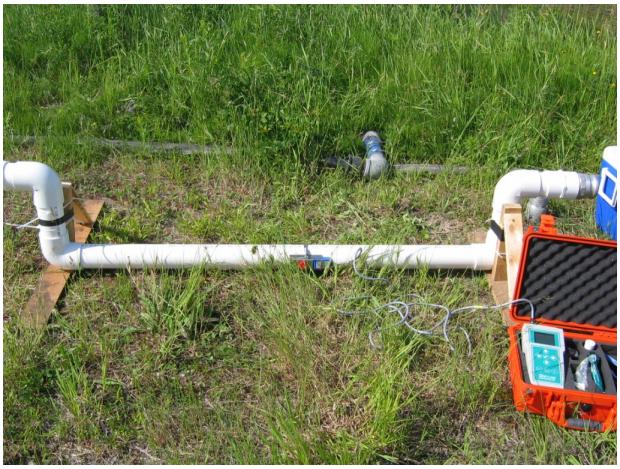


Figure 13 Montage de raccords et de tuyaux en forme de U pour le débitmètre

ANNEXE 5 FICHE TECHNIQUE DU DÉBITMÈTRE PORTATIF PDFM 5.0 PORTABLE DOPPLER FLOW METER DE L'ENTREPRISE GREYLINE INSTRUMENTS INC

Portable Flow Meter
for Dirty or Aerated Liquids
Troubleshoot Flow from Outside a Pipe

Non-Contacting Doppler Flow Meter

Greyline PDFM 5.0

Displays, Datalogs
Transmits and Totalizes
Flow in Closed Pipes

Simple 5-key Calibration
300,000 point Data Logger
4-20mA Output
10-Digit Totalizer
AC/DC Operation
Built-in Rechargeable Battery

Fast, Easy Flow Measurement with Non-Contacting Ultrasonic Sensor

Versatile, Easy to Use

Use a Greyline PDFM 5.0 Portable Doppler Flow Meter to monitor and balance flow, or to troubleshoot flow problems in full pipes. It is ideal to evaluate performance of in-line flow meters and can be installed, calibrated and started-up in minutes. Use it for projects where a permanent flowmeter is not required or to temporarily replace installed flow transmitters.

Ideal for Problem Liquids

The PDFM 5.0 ultrasonic sensor is clamped on the outside of a pipe. An acoustic pulse is reflected back to the sensor from particles or gases in the flowing liquid. The flow rate of any fluid can be measured as long as it contains air bubbles or solids. It is ideal for wastewater, slurries, sludge, and most chemicals, acids, caustics, and lubrication fluids.

With its internal battery the PDFM 5.0 can be operated all day and then recharged overnight. For continuous use it can be powered by a supplied 110-240VAC wall plug adapter. A 300,000 point data logger is built-in.

GREYLINE
instruments inc.

Solve Flow Problems

- **Troubleshoot and Balance Flow**
- **Check Performance of Pumps or other Flow Meters**

Quick, Easy Flow Measurements from Outside a Pipe

Each Greyline PDFM 5.0 comes complete with rugged watertight carrying case, strap-on sensor and stainless steel mounting kit. Use the simple 5-key menu system to select units of measurement and to calibrate to any pipe diameter ½" (12.5 mm) or larger.

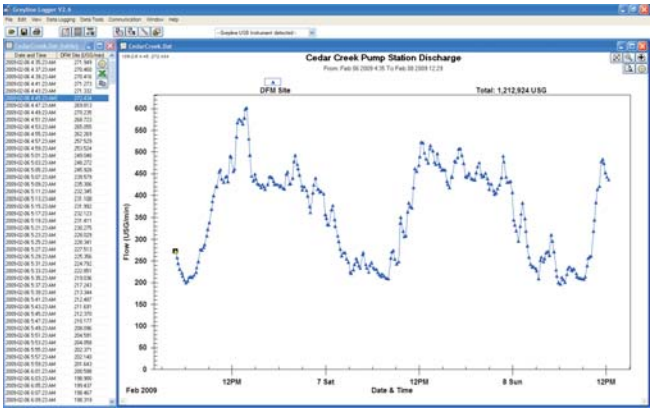
Simple start-up and Calibration

Sensor mounting and a full calibration can be done in just a few minutes. It is fast and easy! Put coupling compound gel (included) on the sensor face and mount the sensor on the outside of a pipe with the stainless steel mounting bracket (supplied). Use the five-key calibration system to enter pipe diameter and to select your choice of engineering units (gallons, litres etc.) The PDFM 5.0 will immediately begin to display, transmit and totalize.

No Calculations - No Programming Codes

Select your choice of display units: the PDFM 5.0 will display and totalize flow volume in gallons, liters, cubic feet or cubic meters. If you change from one measurement system to another, the PDFM 5.0 will automatically and instantly calculate and convert the flow display and totalizer. Calibrate to the pipe size using the keypad to enter inside diameter.

Built-in 300,000 point Datalogger and PC Software

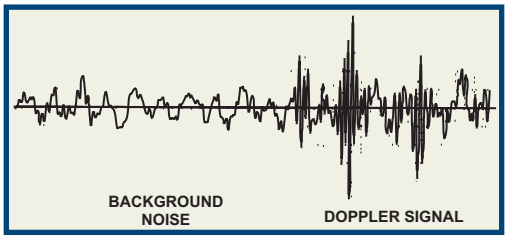


Set up the PDFM 5.0's data logger to store time and date-stamped flow values from 10 second to 5 minute intervals. Or use the convenient 'Flow Report' format where total, minimum, maximum and average flow rates are stored in your choice of hourly or daily summaries. Transfer flow logs to your PC or laptop through the PDFM 5.0's USB output. Greyline Logger software (included) displays data in both graph and table formats and exports to graphic or text file formats for use in other programs.

"Sleep Mode" for Extended Data Logging on Battery Power

Sleep mode extends battery life for long-term data logging at locations where AC power input is not available. Between logging intervals the flowmeter drops into a stand-by mode until a flow reading is requested by the data logger. Flow rates are sampled continuously for 10 seconds and then the PDFM 5.0 returns to sleep until the next logger point is required. With 5 minute sample intervals the PDFM can data log for about 18 days on battery power.

New Signal Processing for reliable Accuracy



The PDFM 5.0 Doppler flow algorithm filters out background noise and interference. The digital signal processor discriminates against weak and distorted signals. When the processor cannot measure accurately the meter will display zero flow and indicate low signal confidence.

Battery Powered for a Full Day's Work

With its built-in NiMH rechargeable battery, you can operate the PDFM 5.0 up to 18 hours continuously. Display brightness is adjustable to conserve power. Plug into an AC outlet (100-240VAC 50/60Hz) to activate the 4-20mA output and to recharge fully in 6 to 8 hours. You can continue to use the PDFM 5.0 while charging.

PDFM 5.0 Specifications

General Specifications

Greyline PDFM 5.0 Portable Doppler Flow Meter

Flow Rate Range:	± 0.1 to 40 ft/sec (± 0.03 to 12.2 m/sec) in most applications
Pipe Size:	Ultrasonic Sensor mounts on any pipe from ½" to 180" ID (12.5 mm to 4.5 m)
Display:	White, backlit matrix - displays flow rate, totalizer, operating mode and calibration menu
Power Input:	Built-in NiMH battery for up to 18 hours continuous operation External charger with 100-240VAC 50/60Hz input
Outputs:	4-20mA (500 ohm) when AC powered USB for Data Log transfer by direct PC connection
Data Logger:	Programmable 300,000 data point capacity, time and date stamped or formatted flow reports including total, average, minimum, maximum and times of occurrence
PC Software:	'Greyline Logger' for Windows 98 or higher. Retrieves, displays and saves data log files
Electronics Operating Temperature:	-10° to 140°F (-23° to 60°C)
Electronics Enclosure:	Portable, ABS enclosure
Carry Case:	Rated IP67 with protective molded foam insert
Accuracy:	±2% of full scale, requires solids or bubbles minimum size of 100 microns, minimum concentration 75 ppm. Repeatability: ±0.25%, Linearity: ±0.5%
Calibration:	Built-in 5-key programming with user-friendly calibration menu. Password protected.
Language Selection:	English, French, Spanish
Sensitivity:	Adjustable cut-off, Damping: adjustable
Approvals:	Charger is CE and UL approved. The PDFM 5.0 is not certified for use in hazardous rated locations

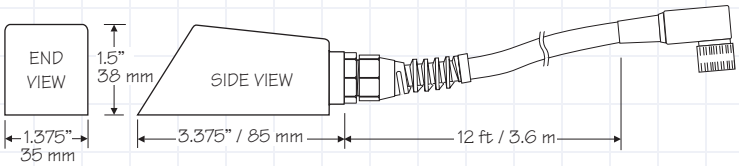
Sensor Specifications

Standard Model PSE4:	Clamp-on, single-head ultrasonic for pipes from ½" to 180" ID (12.5 mm to 4.5 m) with 12 ft (3.4 m) shielded dual-coaxial cable
Sensor Mounting Kit:	Stainless steel pipe clamp and 5.3 oz. (150 g) silicone coupling compound
Operating Temperature:	-40° to 250°F (-40° to 120°C)

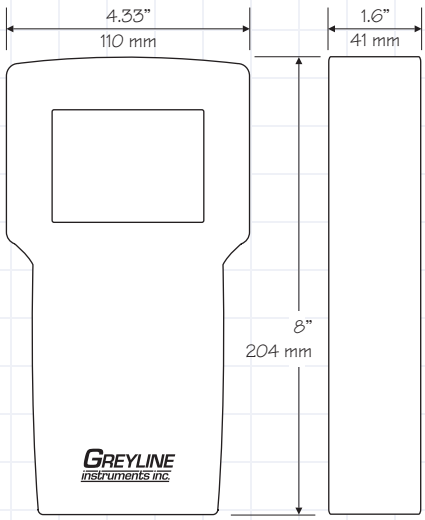
Options

Sensor Cable:	50 ft (15 m) sensor cable extension, shielded, with connectors
Sensor Mounting:	Extra silicone coupling compound. Additional stainless steel pipe clamps

Dimensions



PSE4 ULTRASONIC DOPPLER SENSOR



ENCLOSURE

New PDFM 5.0 Portable Doppler Flow Meter

- **No Obstruction – No Pressure Drop**
- **Just Minutes to Install and Calibrate**

Recommended for:

- sewage
- treated wastewater
- aerated water
- sludge and slurries
- chemicals and solvents
- viscous liquids
- abrasives
- food products
- pulp stock
- acids and caustics

The PDFM 5.0 is ideal to measure full pipe flow of any liquid containing gas bubbles or solids larger than 100 microns and in concentrations greater than 75 ppm.

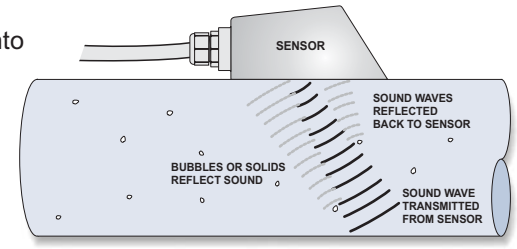
Ideal for Tough Flow Applications

The PDFM 5.0 works best with “difficult liquids” in applications that would damage regular flow meters. Because the sensor is mounted on the outside of the pipe, there is no contact with the moving fluid.

The ultrasonic sensor straps onto the outside of pipes ½" (12.5 mm) ID or larger and measures flow in common pipe materials: PVC, carbon steel, stainless steel, cast iron, fiberglass, and lined pipes...any pipe that conducts ultrasound. Doppler signals cannot be transmitted through pipe walls which contain air pockets (materials like concrete and wood), or loose insertion liners (with an air gap between the liner and pipe wall). Because the sensor is so easy to install you can test any application and pipe material in a few minutes.

How it Works

The PDFM 5.0 ultrasonic sensor injects high frequency sound through the pipe wall and into the flowing liquid. Gas bubbles or solids suspended in the liquid reflect the ultrasonic signal back to the sensor. When this sound is reflected from moving bubbles or particles it is returned to the sensor at an altered frequency. This frequency shift is called the Doppler effect. The PDFM 5.0 continuously measures the change from it's transmitted frequency to the received frequency to accurately calculate flow.



How to Order

Contact a Greyline sales representative in your area or phone one of our sales engineers. Describe your requirements and receive our prompt quotation.

Applications Support

Take advantage of Greyline's applications experience. Phone 1-888-473-9546 for advice and information on applications, installation or service for Greyline instruments.

No Risk Appraisal

The Greyline PDFM 5.0 Portable Doppler Flow Meter must meet your requirements. Discuss your application with a Greyline representative to arrange a performance test.

The Greyline Guarantee

Quality of Materials and Workmanship - Each instrument manufactured by Greyline is warranted against defects in materials and workmanship for a period of one year from date of purchase. Refer to our limited warranty included with each product.

GREYLINE instruments inc.

Canada: 16456 Sixsmith Dr., Long Sault, Ont. K0C 1P0
Tel: 613-938-8956 / 888-473-9546 Fax: 613-938-4857
USA: 105 Water Street, Massena NY 13662
Tel: 315-788-9500 / 888-473-9546 Fax: 315-764-0419
Internet: www.greyline.com E-mail: info@greyline.com

RELIABLE MEASUREMENT AND CONTROL