

# Rampe d'épandage de lisier avec litière II

## Rapport Final

Présenté au:

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec  
Direction de Environnement et du Développement Durable

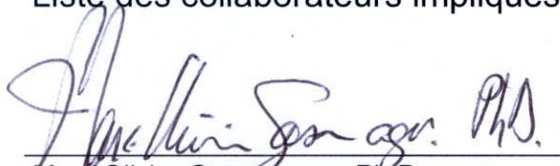


Responsable scientifique :


Marc-Olivier Gasser, agr., Ph.D.

Juillet 2007


Liste des collaborateurs impliqués :

  
Marc-Olivier Gasser, agr., Ph.D.

Chercheur, IRDA

  
Sébastien Flibotte, agr.

Chargé de projet, Club Agrinove inc.

  
Mario Vincent, agr.

Chargé de projet, Club Agrinove inc.

Responsable de l'institution de recherche :

  
Dr. Marc R. Laverdière, agr., Ph.D.

Directeur scientifique, IRDA

---

## PRÉAMBULE

La Direction de l'environnement et du développement durable (DEDD) du Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation (MAPAQ) est à la recherche d'une expertise sur la capacité des rampes basses à épandre des lisiers pailleux de bovins qui ont des teneurs élevées en fibres de paille et de foin et veut connaître la précision et l'uniformité des épandages qui en résultent.

Une premier banc d'essai réalisé à l'automne 2006 avec les rampes Houle, Pro-Jet et DM s'est révélé positif quant à la précision et l'uniformité des épandages atteintes avec les rampes basses et avec des lisiers contenant environ 10% de matière sèche. Suite à la réalisation de ce projet, quelques conclusions et recommandations ont été émises :

1. Il est recommandé de réaliser un sondage auprès des experts, des fabricants de rampes et des entrepreneurs à forfait afin d'établir les conditions optimales d'utilisation des différents modèles en termes de teneur en matière sèche, de quantité de litière et de préparation préalable (dilution, brassage et déchiquetage).
2. Puisqu'il a été difficile de préciser les conditions optimales d'utilisation des différents modèles de rampes basses, c'est-à-dire jusqu'à quelles limites de contenu en matières sèches ou de litières/paille/foin les rampes sont efficaces, il est recommandé de refaire des essais au printemps, soit lors du premier brassage de la saison avec des fosses présentant des contenus élevés et variés en litières/paille/foin.
3. Parmi les rampes évaluées (les fournisseurs Houle, DM, Pro-Jet ont participé sur une base volontaire), certaines se trouvent à des stades de développement plus ou moins avancés et bénéficient d'un support technique plus ou moins satisfaisant. Il est recommandé de comparer les différentes rampes disponibles sur le marché.
4. Considérant certaines lacunes au niveau de la mesure de la variabilité latérale de ces rampes, en comparaison avec la mesure de la variabilité longitudinale, il est recommandé de réviser la façon d'évaluer ce paramètre.

Les hypothèses de travail sont demeurées les mêmes par rapport à celles de la première étude :

- L'utilisation de rampes basses respectant les deux critères définis par le MDDEP et actuellement disponibles sur le marché au Québec, s'avère possible pour épandre des lisiers avec des contenus élevés en pailles et en rejets d'alimentation.
- L'uniformité d'épandage avec ces rampes est par ailleurs acceptable, et ce de manière latérale et longitudinale.
- Certaines rampes sur le marché peuvent présenter des risques de blocage qui sont fonction du contenu en matière sèche et/ou en paille.
- L'utilisation d'un déchiqueteur/broyeur au moment du pompage de la fosse réduit les risques d'obstruction des rampes et permet de maintenir les patrons d'épandage uniformes.


Les moyens pour arriver à réaliser les objectifs de cette nouvelle étude ont été révisés en accord avec les recommandations et conclusions de la première étude.

Nous avons ainsi réalisé un **sondage** auprès d'entrepreneurs à forfait pour connaître le niveau d'acceptation des rampes et les moyens à privilégier pour améliorer la réussite des épandages avec les rampes basses.

Nous avons refait des **bancs d'essai** chez 3 producteurs qui mentionnaient avoir des problèmes de lisier trop pailleux pour l'utilisation des rampes et chez lesquels nous avons comparé différents systèmes de pompes pour brasser et broyer les lisiers.

Nous avons également réalisé au cours du printemps 2007 des **suivis de différents chantiers** durant lesquels le brassage et l'épandage auraient pu être problématiques afin de rapporter quelques observations sur le problème des lisiers pailleux et de leur épandage.


Pour réaliser ce travail dans un court laps de temps, l'IRDA s'est associé avec le Club Agrinove inc., un club conseil en agroenvironnement qui a réalisé une étude sur les équipements d'épandage et la gestion des lisiers. Ce club possédait aussi une bonne expertise sur le calcul des coûts associés à l'utilisation des équipements d'épandage et au brassage des fosses lors de la reprise des lisiers, ce qui a été mis à contribution pour évaluer cette partie de l'étude.



Marc-Olivier Gasser, agr., Ph.D.

**Ce projet a été réalisé grâce à la participation financière du :**

Agriculture, Pêcheries  
et Alimentation

Québec 

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec  
Direction de l'environnement et du développement durable

---

## REMERCIEMENTS

Une telle étude n'aurait été possible sans la participation et l'appui de nombreuses personnes impliquées dans le milieu. Plusieurs entrepreneurs à forfait pour la plupart producteurs agricoles, ont été approchés pour répondre au sondage présenté dans ce rapport et nous voulons les remercier pour le temps qu'ils y ont consacré. Nous voulons aussi remercier les nombreux conseillers, producteurs et entrepreneurs forfaitaires qui ont également été approchés et consultés pour nous aider à choisir des fosses à lisier fortement pailleux et contraignantes pour le brassage et l'épandage. Nous voulons particulièrement remercier MM. Pascal Martin, Denis Doyon et Daniel Gingras, les propriétaires des exploitations agricoles qui ont bien voulu offrir leur temps, leur lisier, leurs terres et leurs équipements pour la réalisation de ces bancs d'essai.

La collaboration avec les fabricants des équipements et des rampes d'épandage était aussi essentielle à la réussite de ce projet. Nous tenons ainsi à remercier M. Lorenzo Ménard de J. Houle et fils, M. Jules Dépault d'Équipements Pro-Jet, M. Marcel Dépault de Dépôt Machinerie inc., M. David Picard de Machinerie agricole Bois-Francs, M. Denis Lacerte de Jamesway et finalement M. Ghislain Brûlé d'Équipement Maddington Inc. Leur bonne collaboration, leurs avis, leur temps consacré ont tous été grandement appréciés. Nous tenons à remercier particulièrement M. Jules Dépault d'Équipements Pro-Jet, M. Marcel Dépault de Dépôt Machinerie inc. qui ont fourni des contributions additionnelles pour réaliser le brassage des fosses et ainsi permettre l'étude technico-économique sur les systèmes de brassage.

Nous tenons aussi à souligner l'importante contribution et le dévouement de nos équipes techniques en provenance de l'IRDA et du Club-conseil Agrinove sans qui la plupart des observations sur le terrain n'auraient pu être recueillies dans un si court laps de temps.

Finalement, ce projet n'aurait pu se concrétiser sans la participation financière de la Direction de l'environnement et du développement durable du MAPAQ.

Un gros Merci à tous!

## TABLE DES MATIÈRES

Préambule .....	3
Remerciements .....	5
Table des matières .....	6
Liste des tableaux.....	8
Liste des figures .....	9
Liste des acronymes et des abréviations .....	12
Mise en situation.....	13
Objectifs et hypothèses .....	14
1. Objectifs spécifiques .....	14
2. Hypothèses .....	14
Méthodologie générale .....	15
Sondage des entrepreneurs À forfait sur l'efficacité des rampes d'épandage pour lisier de bovins .....	16
1. Questions générales .....	16
2. L'utilisation des rampes .....	17
3. Quelles sont les contraintes reliées à l'utilisation des rampes d'épandage? .....	17
4. Qu'est-ce qui bloque dans les rampes d'épandage? .....	17
5. La fréquence de blocage dans les rampes d'épandage .....	18
6. La performance agroenvironnementale des rampes d'épandage par rapport à l'aérospersion basse .....	18
7. Les moyens à privilégier pour améliorer la performance des rampes d'épandage .....	19
8. Conclusion .....	21
Banc d'essai sur les rampes d'épandage.....	23
1. Méthodologie .....	24
1.1. Lieux et conditions d'élevage en rapport avec la gestion des lisiers et des conditions d'épandage .....	24
1.2. Brassage des fosses.....	27
1.3. Caractérisation du lisier .....	30
1.4. Essais au champ.....	31
2. Résultats et interprétation .....	41
2.1. Performance des pompes lors du brassage .....	41
2.2. Caractérisation du lisier .....	46
2.3. Essais au champ.....	53
3. Conclusion sur les bancs d'essais .....	71
Observations sur l'aérospersion basse dans des conditions de lisiers pailleux .....	73

---

Conclusion générale.....	76
Références bibliographiques.....	78
Annexe 1. Copie du sondage sur l'efficacité des rampes d'épandage pour lisier de bovins.....	79

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Principales contraintes reliées à l'utilisation des rampes d'épandage, sur une échelle de peu important (1) à très important (5).....	18
Tableau 2 : Comparaison des performances agroenvironnementales des rampes d'épandage par rapport à l'aéroaspersion basse, sur une échelle de peu (1) à très performantes (5).....	19
Tableau 3 : Les solutions envisagées par les entrepreneurs à forfait pour améliorer la performance des rampes d'épandage, sur une échelle de solution inefficace (1) à très efficace (5). .....	20
Tableau 4 : Lieux, régions d'élevage et gestion des lisiers.....	24
Tableau 5 : Conditions de brassage des fosses à lisier et des bancs d'essais .....	25
Tableau 6 : Description des équipements de brassage utilisés aux sites A, B et C .....	27
Tableau 7 : Caractéristiques des tracteurs et des citernes utilisés avec chaque rampe d'épandage aux sites A, B et C.....	32
Tableau 8 : Évaluation visuelle du contenu des fosses après le brassage et avant la reprise. .	41
Tableau 9 : Coût de brassage aux sites A, B et C .....	44
Tableau 10: Teneur moyenne, écart type et coefficients de variation (CV) des propriétés physiques des lisiers analysés aux 3 sites à l'essai.....	46
Tableau 11 :Caractéristiques des parcours réalisés par les différentes rampes à l'essai aux 3 sites.....	55
Tableau 12 :Doses mesurées sur le parcours et doses moyennes mesurées avec les bacs et les tissus selon les différentes rampes à l'essai aux 3 sites.....	58
Tableau 13 :Doses moyennes appliquées (parcours, bacs et tissus absorbants) par les différents équipements d'épandage et écart absolu moyen entre la dose calculée sur le parcours et la dose visée de 22,4 m <sup>3</sup> /ha. ....	60
Tableau 14 :Performance des équipements d'épandage en termes de blocage, de précision de la dose appliquée et de l'uniformité latérale obtenue aux 3 sites.....	69



## LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Fosse du site A a) le 18 juin 2006, avant le brassage et b) le 19 juin 2007, après le brassage. ....	26
Figure 2 :	Fosse du site B a) le 12 juin 2007 après le premier brassage en mai et avant le deuxième brassage du 20 juin; b) le 20 juin 2007, après 2 heures de brassage et c) le 21 juin après 10 heures de brassage et pompage .....	26
Figure 3 :	Fosse du site C a) le 4 mai 2007 avant le premier brassage; b) le 10 mai 2007, après le premier brassage et c) le 27 juin après 5 heures de brassage et pompage .....	27
Figure 4 :	Pompe DM utilisée lors des essais au site A (a). La pompe DM (PL300 32') est équipée d'une hélice verticale avec couteaux (b). La turbine horizontale est munie de six couteaux à l'entrée et d'un couteau à la sortie (c). ....	28
Figure 5 :	Pompe Pro-jet utilisée lors des essais au site B. La pompe Pro-Jet (19") possède une turbine verticale munie de couteaux à la sortie, de blocs pour la restriction dans la turbine et d'une hélice à l'entrée de la turbine. La turbine possède 2 sorties placées à 180° l'une de l'autre qui se rejoignent dans le même canon. ....	29
Figure 6 :	Pompe Houle utilisée lors des essais au site C. La pompe Houle (Agi-pompe) possède une hélice horizontale munie de couteaux, ainsi qu'une turbine horizontale munie de couteaux à l'entrée et à la sortie. ....	29
Figure 7 :	Rampe à 3 jets Houle opérant au site A. ....	33
Figure 8 :	Rampe à 2 jets Maddington opérant au site C.....	33
Figure 9 :	Rampe à 3 jets Pro-Jet opérant au site A. ....	34
Figure 10 :	Rampe à 3 jets Teamco opérant au site C.....	34
Figure 11 :	Rampe à 3 jets DM opérant au site A. ....	35
Figure 12 :	Rampe à 4 jets DM opérant au site C.....	35
Figure 13 :	Rampe à 4 jets Jamesway opérant au site B.....	36
Figure 14 :	Aéroaspersion basse réalisée avec la rampe Teamco au site C.....	36
Figure 15 :	Aéroaspersion basse conventionnelle réalisée au site A.....	37
Figure 16 :	Illustration de la disposition des bacs et des tissus absorbants pour mesurer l'uniformité latérale des rampes d'épandage .....	38
Figure 17 :	Dispositif de mesure a) dans son ensemble, b) après un épandage sur les tissus absorbants et c) dans les bacs. ....	39
Figure 18 :	a) Amorce du mouvement des matières solides dans la fosse vers la pompe Houle, b) inefficacité de la pompe Pro-Jet dans un lisier trop clair.....	42

---

Figure 19 : Évolution a) du pourcentage de fibres, b) du pourcentage de fibres contenues dans la matière sèche et c) du test d'affaissement au cours des bancs d'essai et des chantiers d'épandage aux sites A, B et C. ....	47
Figure 20 : Relations entre la matière sèche, la densité, le pourcentage de fibres, le pourcentage de fibres contenues dans la matière sèche et la mesure d'affaissement des lisiers échantillonnés aux 3 sites. ....	48
Figure 21 : Images des fibres > 1,2 mm issues des lisiers provenant des fosses des sites A (photos a, b et c), B (photos d, e et f) et C (photos g, h et i). Règle de 15 cm. ....	51
Figure 22 : Patrons d'épandage réalisés aux 3 sites A, B et C respectivement. ....	54
Figure 23 : Vue de la rampe Pro-Jet et de son jet du centre bloqué par des fibres de paille et de foin .....	56
Figure 24 : Vue de la rampe Pro-Jet et de son jet de gauche bloqué partiellement par des fibres de paille et de foin .....	56
Figure 25 : Corrélation entre les doses calculées sur les parcours et celles mesurées à l'aide a) des bacs et b) des tissus. ....	59
Figure 26 : Essais 1 et 2 de la rampe Houle au site A. ....	61
Figure 27 : Essais 1 et 2 de la rampe Pro-Jet au site A. ....	61
Figure 28 : Essais 1 et 2 de la rampe Teamco au site A. ....	62
Figure 29 : Essais 1 et 2 de l'aéroaspersion basse au site A. ....	62
Figure 30 : Essai 1 de la rampe DM au site A. ....	63
Figure 31 : Essais 1 et 2 de la rampe Houle au site B. ....	63
Figure 32 : Essais 1 et 2 de la rampe Teamco au site B. ....	64
Figure 33 : Essais 1 et 2 de la rampe Jamesway au site B. ....	64
Figure 34 : Essais 1 et 2 de l'aéroaspersion basse au site B. ....	65
Figure 35 : Essais 1 et 2 de la rampe Maddington au site C. ....	65
Figure 36 : Essai 1 de la rampe DM à 4 jets et essais 1 et 2 de la rampe DM à 3 jets au site C. ....	66
Figure 37 : Essais 1 et 2 de la rampe Teamco à 3 jets au site C. ....	67
Figure 38 : Essais 1 et 2 de la rampe Pro-Jet à 3 jets au site C. ....	67
Figure 39 : Essai 1 de la rampe Houle à 3 jets au site C. ....	68
Figure 40 : Essais 1 et 2 de l'aéroaspersion basse au site C. ....	68
Figure 41 : Appréciation visuelle de l'uniformité des patrons d'épandage sous les roues des équipements avec a) et b) la rampe Houle et c) l'aéroaspersion basse. ....	70

---

---

Figure 42 : Images d'épandage de lisier à contenu élevé en matière sèche réalisé avec l'aéroaspersion basse. ....	73
Figure 43 : Images d'épandage de lisiers clairs réalisés avec l'aéroaspersion basse. ....	74
Figure 44 : Images de pailles flottant à la surface du lisier clair a) dans la fosse et b) dans la citerne d'épandage.....	75

## LISTE DES ACRONYMES ET DES ABRÉVIATIONS

### Noms propres

DEDD	Direction de l'environnement et du développement durable
DM	Dépôt Machinerie inc.
IRDA	Institut de recherche et de développement en agroenvironnement
ITA	Institut de technologie agroalimentaire du Québec
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
REA	Règlement sur les exploitations agricoles

### Noms communs

PDF	prise de force ( <i>power take-off</i> )
MS	matière sèche
Rép.	répétition ou essai, utilisés sans discrimination

### Symboles et unités

CV	coefficient de variation (écart type divisé par la moyenne)
É.A.	écart absolu entre la valeur mesurée et la valeur de référence divisée par la valeur référence
R <sup>2</sup>	coefficient de détermination
moy.	moyenne
ac	acre
ha	hectare
mm	millimètre
cm	centimètre
m	mètre
g	gramme
Mg	méga gramme ou tonne métrique
gal	gallon impérial
ml	millilitre
cm <sup>3</sup>	centimètre cube
HP	cheval-vapeur ( <i>horse power</i> )
tpm	tour par minute

## MISE EN SITUATION

Le règlement sur les exploitations agricoles actuel (REA) du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) exige à compter du 1<sup>er</sup> avril 2007, que tous les lisiers soient épandus avec un équipement muni d'une rampe basse. Par contre, la technologie des rampes basses pour l'épandage de lisier avec litière nécessite une validation, puisque son utilisation semble encore problématique.

Un comité formé de membres du MAPAQ, du MDDEP, de l'Union des producteurs agricoles et de la Fédération des producteurs de lait du Québec, mandaté pour faire le point sur la problématique de l'épandage par rampes des lisiers contenant de la litière, recommande d'obtenir un avis, une revue de la littérature scientifique ou des essais olfactométriques au champ afin de déterminer l'efficacité réelle, soit les avantages et les inconvénients des nouveaux modèles de rampes à trois ou quatre buses, en termes de réduction des odeurs, de précision et d'uniformité d'épandage.

L'IRDA en collaboration avec Agrinova inc. a réalisé à l'automne 2006 un premier banc d'essai avec les rampes Houle, Pro-Jet et DM qui s'est révélé positif quant à la précision et l'uniformité des épandages atteintes avec les rampes basses et avec des lisiers contenant environ 10% de matière sèche. L'étude ne prévoyait cependant pas de mesures olfactométriques telles que proposées par le comité précité. Suite à la réalisation de ce projet, quelques conclusions et recommandations ont été émises. Ainsi,

1. Il est recommandé de réaliser un sondage auprès des experts, des fabricants de rampes et des entrepreneurs à forfait afin d'établir les conditions optimales d'utilisation des différents modèles en termes de teneur en matière sèche, de quantité de litière et de préparation préalable (dilution, brassage et déchiquetage).
2. Puisqu'il a été difficile de préciser les conditions optimales d'utilisation des différents modèles de rampes basses, c'est-à-dire jusqu'à quelles limites de contenu en matières sèches ou de litières/paille/foin les rampes sont efficaces, il est recommandé de refaire des essais au printemps, soit lors du premier brassage de la saison avec des fosses présentant des contenus élevés et variés en litières/paille/foin.
3. Parmi les rampes évaluées (les fournisseurs Houle, DM, Pro-Jet ont participé sur une base volontaire), certaines se trouvent à des stades de développement plus ou moins avancés et bénéficient d'un support technique plus ou moins satisfaisant. Il est important de comparer l'ensemble des rampes disponibles sur le marché.
4. Considérant certaines lacunes au niveau de la mesure de la variabilité latérale de ces rampes, en comparaison avec la mesure de la variabilité longitudinale, il est recommandé de réviser la façon d'évaluer ce paramètre.

---

## OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

Afin de répondre aux exigences de la DEDD, la présente étude a pour objectif d'évaluer la faisabilité d'utiliser des rampes basses pour l'épandage des **lisiers pailleux de bovins laitiers** et de connaître la précision et l'uniformité des épandages qui en résultent, et ce, en situation limite d'épandage, sans toutefois aborder la question des odeurs.

### 1. Objectifs spécifiques

Les objectifs plus spécifiques du projet étaient les suivants :

1. Établir à partir d'un sondage administré aux entrepreneurs à forfait, ainsi que de bancs d'essais réalisés au champ, la capacité des rampes basses disponibles sur le marché au Québec, à épandre à faibles doses (20 m<sup>3</sup>/ha) des lisiers de bovins présentant des risques d'obstruction en terme de :
  - précision de la dose appliquée,
  - uniformité latérale de l'épandage (entre chaque buse),
  - prévention des obstructions
2. Préciser les conditions optimales d'utilisation des différents modèles en termes de :
  - % de matière sèche des lisiers
  - quantité de litière
  - préparation préalable, brassage, déchiquetage incluant les coûts de ces opérations
3. Préciser les avantages et inconvénients de ce type de rampe par rapport à l'aéroaspersion basse.

### 2. Hypothèses

Les hypothèses de travail sont les suivantes :

1. L'utilisation de rampes basses actuellement disponibles sur le marché au Québec et respectant les deux critères définis par le MDDEP s'avère faisable pour épandre des lisiers avec des contenus élevés en pailles et en rejets d'alimentation.
2. Les lisiers de bovins provenant de montées d'écurieur, ayant un contenu élevé en refus de foin de balles rondes et une teneur élevée en matière sèche (plus de 10 %) présentent des conditions limites où la probabilité de blocage dans les rampes est élevée.
3. Un brassage adéquat des fosses avant leur vidange facilite l'épandage des lisiers avec des rampes d'épandage.
4. L'utilisation d'une pompe munie de couteaux-hachoirs améliore la consistance des lisiers et la performance des rampes d'épandage.

- 
5. Une déviation de la dose d'épandage demandée supérieure à 10 % indique un manque de précision. Ce seuil a été proposé pour l'épandage du lisier porcin par les clubs-conseils en agroenvironnement (2005). Son applicabilité au lisier pailleux de bovins laitiers reste à vérifier. Néanmoins, il servira ici en tant que point de référence.

## MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE

Pour vérifier ces hypothèses, plusieurs travaux ont été menés de front dans un court laps de temps entre les mois de mars et juin 2007. Les résultats seront présentés en trois volets réalisés de la façon suivante :

- 1. Le sondage administré aux entrepreneurs qui font de l'épandage à forfait.**
- 2. Des bancs d'essai comparant les différentes rampes à l'aéroaspersion basse et pour des fosses brassées avec soit des pompes conventionnelles ou avec une pompe munie de couteaux-hachoirs.**
- 3. Des observations sur la qualité des épandages obtenue avec l'aéroaspersion basse dans des conditions de lisiers épais ou de contenus élevés en matière sèche.**

Étant donné que nous avons voulu comparer dans le deuxième volet différents systèmes de brassage incluant une pompe munie de couteaux-hachoirs, il nous apparaissait important de rapporter les quantités d'énergie et de temps nécessaires pour réaliser de telles opérations.

Outre les travaux mentionnés plus haut, beaucoup d'énergie a été investie pour la recherche de fosses présentant des conditions limites pour l'épandage au printemps et jusqu'à la première coupe de foin (puisque le présent rapport devait être déposé au début de juillet 2007). Ces périodes étant souvent très occupées pour les producteurs et surtout les entrepreneurs à forfait en épandage, cette recherche comportait plusieurs défis et beaucoup d'ouvrage et d'investigation.

---

## **SONDAGE DES ENTREPRENEURS À FORFAIT SUR L'EFFICACITÉ DES RAMPES D'ÉPANDAGE POUR LISIER DE BOVINS**

Un sondage a été administré en avril et mai 2007 à des entrepreneurs qui ont réalisé des épandages de lisiers de bovins à forfait en 2006. Le sondage avait pour objectifs:

- d'identifier les contraintes majeures reliées à l'utilisation des rampes d'épandage pour lisier de bovins,
- de comparer l'efficacité perçue des rampes d'épandage par rapport à l'aérospersion basse,
- de révéler les solutions préconisées par les entrepreneurs pour améliorer la performance des rampes d'épandage.

Le sondage a été réalisé par voie téléphonique, après que les participants eurent reçu une copie papier du questionnaire (ANNEXE 1). Sur une liste d'une centaine d'entrepreneurs préalablement identifiés, trente neuf (39) entrepreneurs répondant avoir épandu des lisiers de bovins en 2006, ont répondu au questionnaire. Les réponses fournies dans ce sondage sont donc basées sur cette population sauf sur indication contraire. En général, la médiane ou le 50<sup>e</sup> centile et le 75<sup>e</sup> centile sont rapportés comme statistiques pour décrire les tendances générales, mais la moyenne sera également rapportée pour certaines réponses pour simplifier la présentation.

### **1. Questions générales**

Les entrepreneurs à forfait interrogés sont majoritairement des producteurs agricoles (79%). La moitié des répondants (médiane ou 50<sup>e</sup> centile) réalisent des épandages à forfait depuis au moins 11 ans, tandis qu'un quart (75<sup>e</sup> centile) des répondants ont plus de 15 ans d'expérience. La moitié des répondants ont réalisé plus de 60 chantiers d'épandage en 2006 avec des lisiers de toutes sortes totalisant plus de 1000 heures d'ouvrage (brassage et épandage), tandis qu'un quart (75<sup>e</sup> centile) des répondants ont réalisé plus de 100 chantiers totalisant plus de 1700 heures d'ouvrage. En moyenne, environ la moitié (49%) des chantiers ont été réalisés avec des lisiers de bovins (comprenant de la litière ou des refus de foin).

Pour la moitié des répondants, seulement 7% de ces chantiers réalisés avec des lisiers de bovins ont nécessité des ajouts de liquides (eau ou lisier de porc) pour les diluer, alors que pour 25% des répondants, jusqu'à 50% de ces chantiers ont nécessité des ajouts de liquides. Dans le cadre de ce projet, nous n'avons pas fait de distinction entre l'utilisation d'eau ou de lisier de porc, car c'est la dilution qui nous préoccupait principalement.



## 2. L'utilisation des rampes

Vingt sept (27) répondants sur 39 ont affirmé utiliser des rampes d'épandage plus de 80% du temps pour réaliser les chantiers de lisier de bovins, tandis que 9 répondants ont affirmé utiliser l'aéroaspersion basse plus de 80% du temps pour réaliser de tels chantiers. Deux répondants ont quant à eux répondu utiliser l'aéroaspersion élevée. Un dernier répondant utilisait la moitié du temps l'aéroaspersion basse et l'autre la rampe d'épandage. Vingt quatre répondants sur les 27 utilisant des rampes d'épandage régulièrement (plus de 80% du temps) ont répondu que leurs rampes d'épandage fonctionnaient adéquatement, tandis que dix (10) répondants (dont trois utilisant régulièrement des rampes) ont répondu à la négative à cette question.

Sur 36 répondants au total, 17 ont affirmé que l'épandage par rampe serait impossible, en pratique, chez certains de leurs clients (47% des 36 répondants). Sur les 27 utilisant des rampes d'épandage régulièrement, neuf ont répondu à l'affirmative à cette question (25% des 36 répondants). Les opérateurs utilisant plus fréquemment les rampes semblent donc plus en mesure d'éviter les problèmes occasionnés par l'utilisation des rampes, mais pour un tiers de ces opérateurs certains chantiers demeurent impossibles à réaliser avec des rampes.

Sur 36 répondants, 12 ont affirmé que la contrainte réglementaire d'épandre tous les types de lisiers avec des rampes les pousserait à refuser d'épandre chez certains clients habituels (33% des 36 répondants). Sur les 27 utilisant des rampes d'épandage régulièrement, cinq ont répondu par l'affirmative à cette question (13% des 36 répondants). Dans ce cas-ci, la contrainte réglementaire semble moins préoccuper les opérateurs.

## 3. Quelles sont les contraintes reliées à l'utilisation des rampes d'épandage?

Le Tableau 1 rapporte les statistiques des principales contraintes rencontrées par les opérateurs des rampes d'épandage. La moitié des répondants ont identifié par ordre décroissant comme contrainte à l'utilisation des rampes, le brassage supplémentaire nécessaire (4), le blocage (4), les problèmes de chevauchement des jets (3), le bris d'équipement (3), la mauvaise uniformité en terrain en pente (3), la dilution nécessaire avec des liquides (2,5), l'égouttement lent en fin de parcours (2), la mauvaise uniformité en terrain plat (2), et finalement l'ajustement de la dose (2). Quatre répondants ont par ailleurs identifié des contraintes de coûts supplémentaires liés à l'achat et à l'entretien des rampes.

## 4. Qu'est-ce qui bloque dans les rampes d'épandage?

Sur une échelle de peu fréquent (1) à très fréquent (5), la moitié des répondants ont davantage identifié les refus de foin de balles rondes (4), que les pailles non-hachées des litières (3) et les corps étrangers (2) comme raison au blocage des rampes. Cinq répondants ont par ailleurs identifié les copeaux de bois dans la litière, deux ont souligné les lisiers trop épais, tandis que deux ont relevé la présence de peaux d'animaux comme raison.

**Tableau 1 : Principales contraintes reliées à l'utilisation des rampes d'épandage, sur une échelle de peu important (1) à très important (5).**

	Moyenne	Médiane	75 <sup>e</sup> centile
Brassage supplémentaire nécessaire	3,6	4	5
Blocage	3,4	4	5
Problèmes reliés au chevauchement et ajustement des jets	2,9	3	4
Bris d'équipement	2,8	3	4
Mauvaise uniformité latérale en terrain en pente	2,7	3	4
Dilution nécessaire avec des liquides (eau ou lisier)	2,6	2,5	4
Égouttement lent en fin de parcours	2,8	2	4,8
Mauvaise uniformité latérale en terrain plat	2,6	2	4
Ajustement difficile de la dose	2,5	2	4

### 5. La fréquence de blocage dans les rampes d'épandage

Pour la moitié des répondants (n =35), la fréquence de blocage pourrait se produire dans moins de 6% des voyages, tandis que pour 25% des répondants (75<sup>e</sup> centile) cette fréquence serait supérieure à 42% des voyages.

Sur une échelle de peu fréquent (1) à très fréquent (5), la moitié des répondants ont rapporté une fréquence plus élevée des problèmes de blocage reliés à un contenu élevé en paille/litières/foin dans les rampes (4) par rapport à l'aéroaspersion basse (1), tandis que pour 25% des répondants ce problème serait très fréquent (5) dans les rampes, alors qu'il ne serait que peu fréquent (2) avec l'aéroaspersion basse.

Pour ce qui est des problèmes de blocage liés à des corps étrangers, la moitié des répondants ont rapporté une fréquence plus élevée de blocage dans les rampes (3) comparativement à (1) l'aéroaspersion basse. Les problèmes de blocage seraient donc moins fréquemment reliés à la présence des corps étrangers que du contenu élevé en paille/litières/foin tel que mentionné précédemment, mais ces blocages seraient quand même plus fréquents dans les rampes.

### 6. La performance agroenvironnementale des rampes d'épandage par rapport à l'aéroaspersion basse

Le Tableau 2 fait état de certaines performances attendues des rampes par rapport à l'aéroaspersion basse. Pour la moitié des répondants, les rampes et l'aéroaspersion produisent à peu près les mêmes performances en ce qui concerne les uniformités latérale et longitudinale, la précision de la dose appliquée et la facilité d'épandre à proximité des zones à protéger. Par contre, la moitié des répondants donnent un net avantage aux rampes pour réduire les problèmes de dérive et de bruine causés par ces équipements en comparaison à l'aéroaspersion basse. Aussi, selon la moyenne des réponses obtenues, les rampes pourraient être quelque peu moins précises sur l'uniformité latérale, équivalente sur l'uniformité

longitudinale, mais un peu plus précise que l'aérospersion basse, sur la dose appliquée et sur la capacité d'épandre à proximité des zones à protéger.

**Tableau 2 : Comparaison des performances agroenvironnementales des rampes d'épandage par rapport à l'aérospersion basse, sur une échelle de peu (1) à très performantes (5).**

		Moyenne	Médiane	75 <sup>e</sup> centile
Uniformité latérale de la dose	Rampe	3,5	4	4
	Aéro	3,8	4	5
Uniformité longitudinale de la dose	Rampe	3,8	4	5
	Aéro	3,9	4	5
Précision de la dose appliquée	Rampe	4,1	4	5
	Aéro	3,6	4	4,8
Facilité d'épandre à proximité des zones à protéger	Rampe	4,1	4	5
	Aéro	3,5	3,5	4
Dérive ou bruine de lisier produite	Rampe	3,5	4	4
	Aéro	1,8	2	3

## 7. Les moyens à privilégier pour améliorer la performance des rampes d'épandage

Le sondage a également servi à cibler quels sont les meilleurs moyens à privilégier pour améliorer la performance des rampes d'épandage. Le Tableau 3 fait état par ordre décroissant d'importance des solutions privilégiées par les entrepreneurs à forfait pour réduire les problèmes d'épandage. Presque tous les répondants s'accordent pour recommander aux producteurs de s'efforcer de ne pas jeter de corps étrangers dans le lisier, avec les trois quarts des répondants (25<sup>e</sup> centile) qui la jugent comme solution très efficace (5) pour améliorer la performance des rampes d'épandage. Cette recommandation doit non seulement affecter la performance des rampes, mais aussi celle de tous les autres équipements reliés à la reprise des lisiers, soit les pompes de brassage et les pompes sur les citernes qui peuvent être endommagées par des corps étrangers.

La moitié des répondants (médiane) juge ensuite que de réduire les refus de foin dans l'étable et de ne pas diriger ces refus vers la fosse constitueraient des solutions très efficace (5) pour améliorer la performance des rampes. Ces solutions doivent également affecter la performance du brassage des fosses et du pompage. Parmi les autres solutions que la moitié des répondants ont identifiées comme relativement efficace (4), soulignons l'utilisation d'une pompe plus performante pour déchiqeter les fibres (4), utiliser un hachoir à paille dans l'étable, ajouter de l'eau ou du lisier avant de brasser (4), avant le premier brassage, enlever le surnageant à la pelle mécanique et l'épandre sous forme solide (4). En revanche, cette dernière solution semblerait peu efficace (1) pour le quart des répondants (25<sup>e</sup> centile).

Parmi les réponses soulignées avec une efficacité moyenne (3) pour la moitié des répondants, notons d'augmenter le temps de brassage (3), réduire l'apport de litière (paille, ripe) dans l'étable (3), brasser avec un tracteur plus puissant (3) et finalement brasser en deux étapes : quelques jours avant le chantier d'épandage et juste avant d'épandre. Il est intéressant de constater que les pompes pourraient être plus performantes, mais que l'utilisation d'un tracteur plus puissant n'est pas aussi efficace ou nécessaire, ni l'augmentation du temps de brassage. Nous croyons d'ailleurs que la plupart de ces entrepreneurs possèdent et utilisent déjà des tracteurs suffisamment puissants, même si cette question n'a pas été posée.

Parmi les solutions les moins efficaces (1) soulignées par plus des trois quarts de répondants (25<sup>e</sup> centile), notons l'utilisation d'un tamis grossier à l'entrée de l'épandeur pour éviter que de gros morceaux entrent dans l'épandeur. Cette solution n'en est définitivement pas une intéressante aux yeux des entrepreneurs qui réalisent les épandages.

**Tableau 3 : Les solutions envisagées par les entrepreneurs à forfait pour améliorer la performance des rampes d'épandage, sur une échelle de solution inefficace (1) à très efficace (5).**

	Moyenne	25 <sup>e</sup> centile	Médiane	75 <sup>e</sup> centile
S'efforcer de ne pas jeter de corps étrangers dans le lisier	4.7	5	5	5
Réduire les refus de foin dans l'étable	4.3	4	5	5
Ne pas diriger les refus de foin vers la fosse	3.9	3.5	5	5
Utiliser une pompe plus performante, qui déchiquette ou broie les longues fibres	4.1	3.5	4	5
Utiliser un hachoir à paille pour la litière dans l'étable	3.9	3	4	5
Ajouter de l'eau ou du lisier de porc avant de brasser	3.5	2	4	5
Avant le premier brassage, enlever le surnageant à la pelle mécanique et l'épandre sous forme solide	3.1	1	4	5
Augmenter le temps de brassage	3.3	2	3	5
Réduire l'apport de litière (paille, ripe) dans l'étable	3.2	2	3	4
Brasser avec un tracteur plus puissant	3.1	2	3	4
Brasser en deux étapes : quelques jours avant le chantier d'épandage et juste avant d'épandre	2.9	1	3	4
Utiliser un tamis grossier à l'entrée de l'épandeur pour éviter que de gros morceaux entrent dans l'épandeur	1.3	1	1	1

## 8. Conclusion

Ce sondage réussit à nous informer malgré un nombre relativement restreint de répondants (39). Aussi nous estimons avoir un échantillon représentatif des entrepreneurs à forfait, malgré que le nombre total de leur population nous soit inconnu. Rappelons que la plupart de ces répondants sont aussi producteurs et donc doivent être sensibilisés aux réticences que certains d'entre eux émettent par rapport à l'obligation d'épandre avec des rampes d'épandage. Également, ces entrepreneurs possèdent pour la plupart de nombreuses heures d'expérience dans les chantiers d'épandage, dont presque la moitié (49%) sont réalisés avec des lisiers pailleux de bovins.

- Fonctionnalité des rampes

Pour 72% des répondants (26/36), les rampes fonctionnent adéquatement. Ce chiffre grimpe à 89% chez les entrepreneurs déclarant utiliser fréquemment (80% du temps) les rampes d'épandage pour le lisier de bovins. Pour un tiers de ces opérateurs (9/27) certains chantiers demeurent impossibles à réaliser avec des rampes. Cinq de ces opérateurs affirment d'ailleurs qu'ils ne pourront épandre chez certains clients en ayant l'obligation d'utiliser des rampes.

Les entrepreneurs qui épandent plus souvent avec des rampes semblent rencontrer moins de problèmes, même si pour certains chantiers, l'épandage avec des rampes peut demeurer problématique. L'adoption des rampes pourrait ainsi entraîner des changements au niveau des pratiques et une amélioration des conditions de réussite. Pour les autres entrepreneurs, les rampes ne sont pas fonctionnelles soit parce qu'elles n'ont pas été adoptées et essayées convenablement ou parce que ces entrepreneurs ont rencontré des conditions plus difficiles. Cette distinction n'est pas claire, mais les opérateurs qui utilisent plus fréquemment les rampes semblent plus en mesure d'éviter les problèmes occasionnés par l'utilisation de ces dernières.

- Contraintes à l'utilisation des rampes et solutions

Même si les rampes semblent fonctionner près de 80% du temps, les problèmes de blocage existent et se produisent davantage avec les rampes qu'avec l'aéroaspersion basse. Les causes de blocage semblent davantage reliées aux refus d'ensilages et de foin de balles rondes, mais la préoccupation des corps étrangers est au premier niveau pour ce qui est des moyens à mettre en œuvre en vue d'améliorer la performance des équipements. La réduction des refus de foin dans l'étable et dans la fosse arrive cependant en deuxième et troisième position.

Comme contrainte aux rampes, le brassage de la fosse est aussi important que les problèmes de blocage. Pourtant, parmi les moyens préconisés par les entrepreneurs pour améliorer la performance des rampes, l'augmentation du temps de brassage n'est pas en première position. On pourrait croire que les entrepreneurs sont sensibles aux risques d'augmenter la facture avec le temps de brassage. Or, pour un quart des répondants, ce type de lisier est dilué la moitié du temps, ce qui peut quand même occasionner des augmentations de coûts de chantier.

---

Pour la moitié des répondants, la dilution des lisiers n'est pas une contrainte majeure, mais elle est bon un moyen pour améliorer la performance des rampes. Cette constatation nous amène à croire qu'il y a augmentation des volumes de liquide (lisier de porc ou eau de dilution) épandus avec les lisiers de bovins, plutôt qu'une augmentation des efforts de brassage en terme de temps. Aussi, une amélioration des performances du brassage et du broyage des fibres, soit dans la fosse ou dans l'étable, serait préconisée ou souhaitée par la moitié des entrepreneurs.

Il ressort de ce constat que des améliorations au niveau de la régie des fumiers et des lisiers doivent être mis en œuvre de l'étable à la fosse pour assurer l'utilisation des rampes au champ. Ces améliorations doivent viser d'abord à réduire les refus de foin, mais dans une moindre mesure les quantités de pailles dans les litières. Des efforts sont également souhaités pour broyer davantage les fibres que ce soit au niveau de l'étable ou de la fosse avec les pompes. Un brassage en pré-fosse pourrait d'ailleurs grandement réduire les problèmes à la source en pré-mélangeant les fibres à l'eau pour assurer une décomposition plus rapide. La question des volumes d'eau ou de liquides à rajouter pour permettre un meilleur brassage deviendrait secondaire si les lisiers sont déjà pré-mélangés.

- Performance des rampes

Finalement, ce sondage révèle aussi la perception de la performance agro-environnementale des rampes par rapport à l'aéroaspersion basse. De façon marquée, l'aéroaspersion basse produit plus de dérive et de bruine que les rampes d'épandage selon la majorité des répondants. Les rampes se démarquent aussi quelque peu pour épandre en bordure des zones à protéger et pour appliquer des doses plus précises. En revanche, l'uniformité latérale (le long de la rampe) des épandages semblerait moins intéressante avec les rampes. Même si la question était orientée autour des lisiers pailleux, les entrepreneurs semblent conscients des problèmes de dérive occasionnés avec l'aéroaspersion des lisiers.

---

## BANC D'ESSAI SUR LES RAMPES D'ÉPANDAGE

Une première étude (Rampe d'épandage de lisier avec litière) réalisée par l'IRDA (en collaboration avec Agrinova) pour le compte de la DEDD a permis d'évaluer à l'automne 2006 la performance des rampes avec des lisiers présentant des conditions presque limites (teneurs en M.S. près de 10%). Toutefois, en fin de saison, les deux fosses qui avaient été identifiées comme étant problématiques par les producteurs et les épandeurs à forfait avaient déjà subi quelques brassages et les fibres de paille et de foin dans les lisiers étaient suffisamment hachées et décomposées pour faciliter l'épandage avec des rampes à lisier de bovins. Ces conditions moins difficiles rencontrées en fin de saison ont quelque peu réduit la portée des conclusions du premier rapport sur la performance des rampes dans des conditions limites.

Dans le cadre des nouveaux bancs d'essai réalisés au printemps 2007, plusieurs personnes-ressources ont ainsi été consultées afin de localiser les fosses ayant des lisiers difficiles à brasser et à épandre avec des rampes d'épandage. Parmi ces personnes, mentionnons les entrepreneurs à forfait qui ont été interviewés lors du sondage analysé dans les pages qui précèdent, les conseillers de clubs conseils en agroenvironnement et du MAPAQ des régions de la Montérégie est, du Centre du Québec, de Chaudière-Appalaches ainsi que de quelques manufacturiers d'équipements d'épandage. Pour s'assurer de l'éventuelle participation des plus importants comme des plus petits manufacturiers d'équipements d'épandage, les bancs d'essai devaient être localisés dans un rayon rapproché autour des municipalités de Drummondville, Victoriaville, Sherbrooke et Saint-Hyacinthe, où sont concentrés la plupart de ces manufacturiers. Finalement, plus d'une trentaine de producteurs ont été identifiés, rejoints et pour la plupart visités pour choisir des fosses répondant à nos critères.

Parmi les conditions recherchées pour cibler les fosses, la présence de montées d'écureur, l'utilisation importante de foin et d'ensilage de balles rondes ainsi qu'un historique de problèmes de brassage et d'épandage ont été priorisés. Toutefois, la présente étude nous a fait réaliser qu'il est difficile de déterminer d'avance quelles seront les véritables conditions des lisiers avant les avoir brassés, pompés et échantillonnés. Sur cinq fosses échantillonnées au printemps et rencontrant ces critères, aucune n'a produit des lisiers ayant une teneur en matière sèche supérieure à 8,5%. Même si le contenu en fibres (> 1,2 mm) était élevé (plus de 50% de la matière sèche en général), quelques essais préliminaires avec des rampes d'épandage n'auront pas été difficiles.

Un exemple des contraintes rencontrées lors de la réalisation de cette partie du projet fut l'abandon d'un banc d'essai au printemps au moment des semis par manque de disponibilité de l'entrepreneur à forfait qui devait gérer le chantier. Étant donné la difficulté de s'assurer de la présence d'une tierce partie pendant ces périodes achalandées de travaux au champ (semis, première coupe de foin, etc.), nous avons invité les manufacturiers à fournir les équipements pour réaliser les travaux de brassage et de pompage et ainsi pouvoir comparer deux types de pompes à lisier, soit une conventionnelle et une équipée de hachoirs dans la pompe centrifuge.

## 1. Méthodologie

Le protocole utilisé pour caractériser les lisiers et l'uniformité d'épandage des rampes a été adapté de la méthodologie développée pour les bancs d'essai réalisés à l'automne 2006 qui est présenté dans le rapport de l'IRDA : *Rampes d'épandage de lisier avec litière* réalisé en collaboration avec Agrinova. Ce protocole avait déjà été adapté d'une proposition faite par M. Vincent Lamarre, ing., agr., de l'Institut de technologie agroalimentaire du Québec (ITA), intitulée *Protocole d'évaluation de la rampe basse* et présentée à Agrinova en juin 2006.

### 1.1. Lieux et conditions d'élevage en rapport avec la gestion des lisiers et des conditions d'épandage

Trois bancs d'essais ont été réalisés après la première coupe de foin chez trois producteurs de régions différentes. Les détails des lieux et des conditions d'élevage susceptibles d'influencer les quantités de litière et de refus d'alimentation retrouvés dans les lisiers sont détaillés au Tableau 4, tandis que les conditions de brassage des fosses à lisier et des bancs d'essais sont détaillées au Tableau 5.

**Tableau 4 : Lieux, régies d'élevage et gestion des lisiers.**

Site	A	B	C
Ville	Sainte-Cécile-de-Milton	Saint-Benoît-Labre	Saint-Samuel
Élevage	35 vaches en lactation	35 vaches en lactation	70 vaches en lactation
Type d'alimentation	Ration totale mélangée d'ensilage de foin et de maïs et balle ronde sec. hachage du foin	Balle ronde de foin + ensilage de foin, foin non haché	Ensilage de foin en balle rectangulaire et maïs ensilage, balle ronde sec, foin non haché
Refus dans la fosse	Oui	Oui	Oui
Litière (/jour)	Paille (ripe pour génisses) Hiver : 10-12 petites balles carrées Été : 5-6 petites balles carrées	11 balles de 15,9 kg (35 livres) de paille 1 sac de ripe	0,8 balle ronde de paille 1 m <sup>3</sup> de ripe
Hachage de la paille	Hache - paille	Non	Non
Entreposage des eaux de laiterie	Oui	Oui	Oui
Description de la fosse			
Matériel :	béton	béton	béton
Diamètre :	90 pieds	90 pieds	117 pieds
Profondeur :	12 pieds	12 pieds	14 pieds
Alimentation de la fosse	Montée d'écurieur	Montée d'écurieur	Évacuateur souterrain de type Évacuair

Tels que mentionné précédemment, les lieux des essais ont été choisis en anticipant une forte teneur en matière sèche reliée à une utilisation importante de litière de paille, de foin de balle ronde et une montée d'écurieur, ainsi que certains autres critères nous permettant de réaliser les bancs d'essai. Le site C était toutefois sur évacuateur souterrain.



Les critères énoncés ci-dessous étaient nécessaires pour assurer une comparaison valable des rampes à l'essai :

- Une **fosse contenant un volume suffisant de lisier** (15 à 20 voyages de 4500 gallons) pour exécuter la totalité des essais avec un minimum de variation de la teneur en matière sèche entre la première et la dernière répétition;
- Une **parcelle représentative d'un champ**, soit suffisamment longue (environ 1000 m) pour éviter ou minimiser les virages en bout de champ;
- Une parcelle avec une **topographie uniforme** et une **faible pente** pour permettre la comparaison des rampes à l'essai;
- Une parcelle en prairie pour **maximiser la visibilité du patron d'épandage** et pour favoriser la comparaison avec les données d'études précédentes (similitude au niveau de la traction).

**Tableau 5 : Conditions de brassage des fosses à lisier et des bancs d'essais**

Site	A	B	C
Date	21 juin 2007	23 juin 2007	27 juin 2007
Pompe de brassage de la fosse	DM le 20 juin 2007	Houle modifiée en mai Pro-Jet le 20 juin	Houle le 10 mai Houle le 8 juin Houle le 27 juin
Nombre de points d'agitation lors du brassage	1	2 début mai 2 le 21 juin	1 le 10 mai 1 le 8 juin 2 le 27 juin
Préparation de la fosse effectuée avant les essais (2007)	Aucun	Brassage partiel en mai 6 heures Épandage partiel	Brassage partiel le 10 mai 8 heures Brassage partiel le 8 juin 3 heures Épandage partiel les deux fois
Préparation de la fosse pour les essais	5,5 heures de brassage avant le début des essais	11 heures de brassage et enlèvement de liquide avant le début des essais	5 heures de brassage avant le début des essais
Brassage complété avant le début des essais	Non, une partie de l'amas gelé persistait sous la montée d'épureur	Non, une partie de l'amas gelé persistait sous la montée d'épureur	Non, une partie de fumier gelé persistait sur le bord de la fosse
Hauteur de lisier restant dans la fosse au début des essais	2,44 m (8 pieds)	2,44 m (8 pieds)	2,44 m (8 pieds)
Conditions d'épandage	Ensoleillé, température chaude, sol sec. Épandage sur prairie (15 cm), terrain plat et uniforme	Passage nuageux, frais sol sec. Épandage sur prairie (15 cm), terrain en pente légère avec raie de curage	Ensoleillé, température chaude, sol sec chaulé la veille Épandage sur prairie (15 cm), terrain plat et uniforme
Dose d'épandage visée lors des essais	22,4 t/ha (2 000 gal/ac)	22,4 t/ha (2 000 gal/ac)	22,4 t/ha (2 000 gal/ac)

Malgré l'aspect visuel des trois fosses retenues (Figure 1a, Figure 2a et Figure 3a et b), suggérant une importante quantité de fibres et de matière sèche, les fosses des sites A et B

comportaient un important volume d'eau au départ qu'il était difficile d'évaluer sans un brassage préliminaire. Les lisiers au site B étaient si liquides, qu'il a fallu pomper et vidanger des volumes de lisiers plus liquides (15 cm de hauteur de fosse) avant de compléter le brassage de la fosse et débiter les essais. Par ailleurs, dans toutes les fosses, des quantités non négligeables de fumier gelé persistaient même après la réalisation des essais, incluant plusieurs heures de brassage et de pompage (Figure 1b, Figure 2c et Figure 3c. Une certaine quantité de matière solide n'a donc pu être brassée et expliquerait les plus faibles taux de matières sèches mesurés dans nos essais et mesurés en général dans notre suivi à cette période de l'année.



**Figure 1 :** Fosse du site A a) le 18 juin 2006, avant le brassage et b) le 19 juin 2007, après le brassage.



**Figure 2 :** Fosse du site B a) le 12 juin 2007 après le premier brassage en mai et avant le deuxième brassage du 20 juin; b) le 20 juin 2007, après 2 heures de brassage et c) le 21 juin après 10 heures de brassage et pompage



**Figure 3 :** Fosse du site C a) le 4 mai 2007 avant le premier brassage; b) le 10 mai 2007, après le premier brassage et c) le 27 juin après 5 heures de brassage et pompage

### 1.2. *Brassage des fosses*

Le brassage des fosses sur les trois sites a fait l'objet d'un suivi afin de quantifier l'énergie et les coûts requis pour atteindre un lisier suffisamment homogène avec des systèmes de pompes différents. Une pompe DM a été utilisée au site A, une pompe Pro-Jet au site B et une pompe Houle au site C. Ces trois équipements ont été choisis et répartis sur les fosses selon leur disponibilité et les ententes prévues initialement. Par exemple, le fabricant de la pompe Pro-Jet avait prévu faire une démonstration chez le producteur du site B, tandis que la pompe Houle était celle de l'entrepreneur à forfait qui réalisait les chantiers d'épandage au site C. Par ailleurs, nous avons voulu comparer les pompes centrifuges standard de l'industrie avec la pompe dite hachoir de Pro-Jet. Selon ce dernier fabricant d'équipement, sa pompe hacherait plus efficacement les fibres de paille et de foin à des tailles inférieures à 25 mm (1 pouce), permettant de nombreux avantages dont la possibilité d'épandre avec des rampes d'épandage.

**Tableau 6 :** Description des équipements de brassage utilisés aux sites A, B et C

		Site A	Site B	Site C
<b>Tracteur</b>	Marque et modèle	John Deere 8320	John Deere 7730	Case IH 275
	Année	2003	2007	2006
	Puissance à la PDF (HP)	215	152	225
	Régime du moteur (tpm à la PDF)	540	1000	1000
	Consommation de carburant (litres/h)	48	36	50
<b>Pompe</b>	Marque	DM	Pro-jet	Houle
	Modèle	PL300 32'	19" de pompe	Agi-Pompe
	Année	2007	1999	2004
	Diamètre de la buse (pouces)	3 1/4", 3 1/2", 6"	3", 4", 6"	3", 5", 6"
	Coût à l'achat (\$)	25 000	24 500	24 000

Les pompes DM et Pro-Jet ont été opérées par les fabricants selon leurs propres spécifications. Toutes les fosses devaient être brassée jusqu'à l'obtention d'un lisier homogène. La Figure 4, la Figure 5 et la Figure 6 illustrent les particularités de certaines composantes des pompes à l'essai.



Figure 4 : Pompe DM utilisée lors des essais au site A (a). La pompe DM (PL300 32') est équipée d'une hélice verticale avec couteaux (b). La turbine horizontale est munie de six couteaux à l'entrée et d'un couteau à la sortie (c).



**Figure 5 :** Pompe Pro-jet utilisée lors des essais au site B. La pompe Pro-Jet (19") possède une turbine verticale munie de couteaux à la sortie, de blocs pour la restriction dans la turbine et d'une hélice à l'entrée de la turbine. La turbine possède 2 sorties placées à 180° l'une de l'autre qui se rejoignent dans le même canon.



**Figure 6 :** Pompe Houle utilisée lors des essais au site C. La pompe Houle (Agi-pompe) possède une hélice horizontale munie de couteaux, ainsi qu'une turbine horizontale munie de couteaux à l'entrée et à la sortie.

### **1.3. Caractérisation du lisier**

La caractérisation du lisier a été réalisée afin de vérifier l'uniformité des lisiers pendant la durée des essais et pour documenter les conditions de difficulté que représentaient les lisiers pour l'épandage avec des rampes par rapport à d'autres lisiers.

Cinq mesures ont été réalisées : la teneur en matière sèche, la densité, la mesure d'affaissement, la teneur en fibre et la caractérisation visuelle des fibres en termes de longueur. L'évaluation de la teneur en matière sèche et de la densité du lisier a été effectuée selon les méthodes appliquées au laboratoire de l'IRDA (Conseil des productions végétales du Québec, 1997).

Préalablement au pompage et à l'échantillonnage des lisiers, ceux-ci ont été brassés dans la structure d'entreposage par agitation pendant plusieurs heures pour réduire au minimum les amoncellements solides de fumier. Voir la section précédente décrivant les conditions de brassage reliées à ces essais pour plus de détails.

Pour chaque rampe à l'essai, un échantillon de lisier a été prélevé au moment du chargement sur la citerne en plaçant un seau de 20 litres sous la sortie de la pompe. Le contenu du seau a par la suite été homogénéisé avec un bâton. Pour les analyses de la matière sèche et de la densité au laboratoire, des sous-échantillons de 500 ml ont été prélevés dans le seau 20 litres. Un deuxième sous-échantillon a été prélevé à l'aide d'un contenant de 5 350 ml pour caractériser les fibres. Finalement la mesure de l'affaissement du lisier a été réalisée avec le lisier restant dans le seau.

#### **1.3.1. Densité**

La densité est un facteur important dans la dynamique des fluides, mais ne varie pas beaucoup dans les lisiers de bovins. La mesure de la densité a été réalisée lors de ces essais pour comparer les trois fosses et vérifier l'homogénéité de lisiers entre les répétitions à chaque fosse. La mesure de la densité a été réalisée au laboratoire de l'IRDA sur les échantillons de 500 ml. Les valeurs mesurées se situaient généralement autour de  $1 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$ . Vu la faible variation de cette propriété, les doses épandues en unités de volume ont été calculées à partir d'unités de masse en utilisant une densité de  $1 \text{ g/cm}^3$ .

#### **1.3.2. Matière sèche**

La matière sèche demeure un indicateur fréquemment analysé et utilisé pour évaluer le comportement des lisiers dans les systèmes d'épandage. L'analyse de la teneur en matière sèche du lisier a été réalisée au laboratoire de l'IRDA sur une partie des échantillons de 500 ml passés au Polytron™ et séché à 60°C.

#### **1.3.3. Mesure de l'affaissement**

La mesure de l'affaissement est un indicateur de la fluidité du lisier. Cette mesure s'effectue facilement sur le terrain et donne un résultat immédiat. Plusieurs fabricants de rampes utilisent

cette mesure pour indiquer les limites fonctionnelles de leurs équipements d'épandage. La mesure de l'affaissement est réalisée en versant doucement du lisier sur le centre d'un cercle en métal de 60 cm de diamètre, surélevé du sol, jusqu'au point où sa surface soit entièrement recouverte de lisier. Une fois que le lisier s'est égoutté, sa hauteur est mesurée au centre du cercle avec une règle graduée en centimètres.

#### 1.3.4. *Teneur en fibre et caractérisation de la fibre en termes de longueur*

Une analyse en laboratoire est nécessaire afin de sécher et trier les fibres contenues dans les lisiers, composées essentiellement des pailles et des tiges de foin contenues dans les litières, les fèces des animaux et les refus d'alimentation. Cette analyse est moins commune, mais elle donne des résultats qui reflètent la régie d'élevage et la gestion de la matière fibreuse des productions bovines, ainsi que l'efficacité du pompage à déchiqeter la paille. Si un rapport entre le contenu pailleux du lisier (en termes de quantité et de longueur) et la mesure d'affaissement peut être démontré, ce résultat pourra avoir une incidence sur les recommandations quant à la préparation ou la gestion du lisier, et ce, afin de faciliter l'épandage du lisier avec les rampes basses.

Pour procéder à la séparation des fibres du lisier, un échantillon de lisier prélevé dans un seau de 4200 ml a été versé dans un sac fabriqué à partir de moustiquaire standard en fibre de verre recouvert de PVC (16 x 18 mailles au pouce) créant un filtre avec des ouvertures de 1,2 mm. Le sac et son contenu ont été lavés sur le terrain dans un bain d'eau pour obtenir un échantillon des fibres > 1,2 mm. Au laboratoire, les fibres ont été séchées dans une étuve à 60°C jusqu'à l'atteinte d'une masse stable. La masse de fibre est rapportée sur une base massique en considérant le volume de l'échantillon de lisier original et la densité du lisier. Une appréciation visuelle des longueurs de fibre a par ailleurs été réalisée à partir d'images numériques prises en disposant les volumes de fibres dans des bacs peu profonds et clairs.

### 1.4. **Essais au champ**

Les essais au champ se sont déroulés chez 3 producteurs afin d'évaluer les performances techniques des rampes dans des conditions normales d'opération (c'est-à-dire dans les limites d'utilisation spécifiées par le fabricant) avec du lisier pailleux de bovins appliqué à des doses de 20 m<sup>3</sup>/ha.

#### 1.4.1. *Équipements d'épandage utilisés pour les essais*

Au site A, quatre rampes basses à 3 jets pour lisiers de bovins (Houle, Teamco, Pro-Jet et DM) ainsi qu'un équipement d'aérospersion basse ont été comparés. Au site B, deux rampes basses à 3 jets (Houle et Teamco), une rampe à 4 jets (Jamesway), ainsi qu'un équipement d'aérospersion basse (rampe Teamco avec jets 1 et 3 bloqués) ont été comparés. Au site C, quatre rampes basses à 3 jets pour les lisiers de bovins (Houle, Teamco, Pro-Jet et DM), une rampe à 4 jets (DM) et une rampe à 2 jets (Maddington), ainsi qu'un équipement d'aérospersion basse ont été comparés. Le Tableau 7 résume les caractéristiques importantes

des citernes et des tracteurs utilisés, tandis que les Figure 8 à Figure 15 illustrent les rampes utilisées durant ces essais. Ces équipements (tracteurs, citernes et rampes) étaient assemblés à chaque site sous la responsabilité des fabricants des rampes et selon leur disponibilité sur l'exploitation pour ce qui est de l'aérospersion basse.

**Tableau 7 : Caractéristiques des tracteurs et des citernes utilisés avec chaque rampe d'épandage aux sites A, B et C.**

Site	Rampe d'épandage		Citerne		Prise de force (tpm)	Tracteur	
	Marque	Nbre de jets	Marque	Volume (gallons imp.)		Marque et modèle	Puissance (HP)
A	Aspers. basse	1	Bodco	4300	540	John Deere 7210	95
A	Pro-jet	3	Bodco	4700	540	John Deere 7520	125
A	DM	3	DM	4400	1000	John Deere 8330	226
A	Houle	3	Houle	4350	540	White 6810	117
A	Teamco	3	Teamco	5280	540	Case MX 200	165
B	Aspers. basse	1	Teamco	3000	540	New Holland TM 165	147
B	Houle	3	Houle	4000	540	Fent 930	295
B	Teamco	3	Teamco	3000	540	New Holland TM 165	147
B	Jamesway	4	Bodco	3400	1000	Case MXU 115	103
C	Aspers. basse	1	Teamco	6600	1000	Case Puma 210	180
C	Maddington	2	Bois-Francis	4000	1000	John Deere 7710	135
C	Pro-Jet	3	Houle	5250	1000	Case STX 275	238
C	Houle	3	Houle	6100	1000	Case MX 7220	155
C	Teamco	3	Teamco	4000	1000	New Holland TG 305	255
C	DM	3	DM	5000	1000	John Deere 7720	142
C	DM	4	DM	5000	1000	John Deere 7720	142





Figure 7 : Rampe à 3 jets Houle opérant au site A.



Figure 8 : Rampe à 2 jets Maddington opérant au site C



Figure 9 : Rampe à 3 jets Pro-Jet opérant au site A.



Figure 10 : Rampe à 3 jets Teamco opérant au site C.



Figure 11 : Rampe à 3 jets DM opérant au site A.



Figure 12 : Rampe à 4 jets DM opérant au site C



Figure 13 : Rampe à 4 jets Jamesway opérant au site B



Figure 14 : Aérospersion basse réalisée avec la rampe Teamco au site C



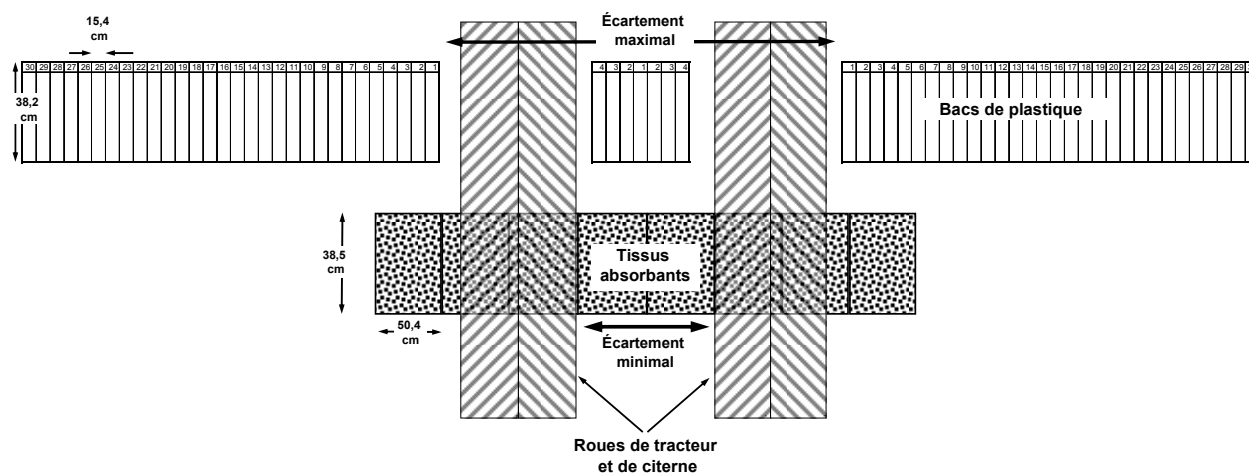
**Figure 15 : Aéroaspersion basse conventionnelle réalisée au site A**

#### 1.4.2. *Calcul du coefficient de remplissage des citernes*

Le coefficient de remplissage des citernes sert à calculer la capacité effective des citernes, c'est-à-dire le volume effectivement vidangé durant l'épandage ou le pourcentage de remplissage des citernes. C'est une mesure essentielle pour calculer les doses de lisiers appliquées à l'échelle du parcours d'épandage. Le coefficient de remplissage a été calculé durant chaque chantier en considérant à des intervalles de cinq citernes vidangées, la somme des volumes de ces cinq citernes et la hauteur mesurée dans la fosse avant et après le remplissage de ces citernes. Sur un total de 14 mesures réalisées, la capacité effective a été calculée à 94,0% avec un CV de 11,4%. Cette mesure est effectivement entachée d'un certain niveau d'erreur, car il est difficile de juger si les citernes sont complètement chargées au moment du remplissage et si la citerne est bien vidée en fin de parcours. Par ailleurs, une erreur de quelques mm sur une mesure de la hauteur de la fosse engendre une erreur importante sur les volumes sortis de la fosse. Aussi, les trois fosses comportaient encore quelques parties gelées qui ont pu entraîner une erreur dans la mesure des volumes. Néanmoins, l'étude des Clubs-conseils en agroenvironnement (2005) rapporte en moyenne sur plus de 24 chantiers de lisier de bovins, une capacité effective mesurée de 95%, soit une valeur proche de la moyenne que nous avons mesurée.

#### 1.4.3. *Mesure de l'uniformité latérale*

Un dispositif expérimental a été mis en place pour mesurer en mode dynamique l'uniformité latérale des épandages de lisier produite par les rampes et comparée à l'aéroaspersion basse. Ce dispositif consiste en des rangées de bacs en plastique de 38,2 cm x 15,4 cm reliés entre eux par un rebord situé sur la longueur (38,2 cm) des bacs. Deux séries d'une trentaine de ces bacs sont disposés de part et d'autres des roues de l'épandeur et du tracteur (écartement maximal), tandis qu'une série de 6 ou 7 bacs sont placés entre les roues de l'épandeur et du tracteur (écartement minimal) pour mesurer les doses de lisier au moment de leur passage (Figure 16). Par ailleurs, une série de 6 à 8 tissus absorbants (38,5 cm x 50,4 cm) provenant de rouleaux pré-découpés (perforés) sont placés en parallèle aux bacs en plastique pour mesurer les doses de lisier appliquées sous les roues des équipements.



**Figure 16 :** Illustration de la disposition des bacs et des tissus absorbants pour mesurer l'uniformité latérale des rampes d'épandage

Une seule série de ce dispositif a été déployée sur le terrain à environ 50% du trajet, soit en général à 400 m de distance. Par rapport aux essais précédents (Rampe d'épandage de lisier avec litière) qui incluaient 3 rangées de ces dispositifs placés à 25, 50 et 75% du trajet, nous avons préféré opter pour une augmentation de la précision de la mesure à un seul endroit en réduisant la distance entre les bacs et en augmentant ainsi le nombre de bacs à mesurer. Par ailleurs, le déplacement du personnel entre les 3 sites impliquait une augmentation considérable du temps entre les essais au détriment du nombre de rampes qu'il aurait été possible d'évaluer par jour. De plus, à faible dose, l'uniformité longitudinale ou sur la longueur du parcours n'ayant pas posé problème dans les essais précédents, ce critère s'avérait moins important pour fin de comparaison.

Une augmentation de la précision a par ailleurs été anticipée avec les bacs en plastique utilisés en raison de la coupure abrupte de leurs rebords par rapport aux plateaux d'aluminium précédemment utilisés, de l'enchevêtrement des bacs entre eux, ainsi que de la diminution de la largeur des bacs (et de la distance entre eux) et l'augmentation de la longueur des bacs (augmentation de la longueur de référence). Ainsi, nous sommes passés d'une échelle de 30 cm à 15 cm de résolution, tandis que la surface de mesure augmentait en largeur de 20 cm à près de 40 cm.

La distance de séparation entre les rangées de bacs en plastique, allouée pour les roues, a par ailleurs été ajustée en fonction des dimensions de chaque équipement d'épandage pour évaluer la pleine largeur d'épandage de tous les modèles de rampes d'épandage essayés. La Figure 17 illustre le dispositif de mesure avant et après le passage d'un équipement d'épandage.



Figure 17 : Dispositif de mesure a) dans son ensemble, b) après un épandage sur les tissus absorbants et c) dans les bacs.

---

#### 1.4.4. *Autres critères de performance des rampes mesurés*

Outre l'uniformité latérale des rampes d'épandage et de l'aéropersion basse, quelques autres critères ont été mesurés pour évaluer la performance des rampes d'épandage dans des conditions de lisier pailleux

Voici ces quelques critères :

1. La hauteur du jet par rapport au sol
2. La distance de projection du lisier (mesurée à partir du chevauchement des jets)
3. La dose moyenne épandue calculée à partir du volume effectif de la citerne, la longueur et la largeur moyenne du parcours
4. Le patron d'épandage (chevauchement des jets)
5. Les blocages ou anomalies encourues durant l'épandage

#### 1.4.5. *Images numériques*

Chaque épandage a par ailleurs été filmé et photographié en image numérique afin de pouvoir documenter au besoin les blocages ou les anomalies encourues durant l'épandage.

#### 1.4.6. *Analyse des résultats*

Tous les résultats numériques ont été traités sur chiffrier Excel®.



## 2. Résultats et interprétation

Les résultats obtenus sur les trois sites devaient être représentatifs de conditions difficiles pour la reprise et l'épandage avec des rampes. Malgré les efforts investis pour trouver de telles conditions, il a été difficile d'atteindre après la première coupe de foin, des conditions relativement élevées en matière sèche et en fibres de paille et foin. Toutefois un bon nombre des rampes disponibles sur le marché québécois auront été testées dans ces essais, surtout sur le dernier site qui avait un lisier relativement difficile à brasser et à épandre. Il demeure que ces conditions ne représentent pas nécessairement toutes les conditions de difficulté pour les épandages et que nous ne pouvons généraliser ces résultats à toutes les situations rencontrées sur les fermes québécoises. En revanche, elles doivent représenter un bon nombre de fermes, puisque la plupart n'ont pas des conditions aussi difficiles.

### 2.1. Performance des pompes lors du brassage

Les fabricants d'équipements d'épandage et de manutention des lisiers sont unanimes sur un point : un lisier homogène créera moins de problèmes de blocage dans les rampes d'épandage. Selon eux, un lisier qui contient encore des mottes et de longues fibres mal broyées et mal dispersées, bouchera davantage les rampes.

#### 2.1.1. Évaluation visuelle

Afin de vérifier si le lisier était homogène avant de procéder aux bancs d'essai, nous avons évalué visuellement le contenu des fosses après le brassage et avant la reprise des lisiers (Tableau 8).

**Tableau 8 : Évaluation visuelle du contenu des fosses après le brassage et avant la reprise.**

Site	Pompe	Observations
A	DM	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ uniforme avec des fibres bien mélangées</li> <li>▪ aucune contrainte envisageable</li> <li>▪ partie de l'amas encore gelé sous la montée de l'épureur</li> </ul>
B	Pro-Jet	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ présence de fibres mal mélangées qui flottent à la surface du lisier</li> <li>▪ lisier très clair</li> <li>▪ partie de l'amas encore gelé sous la montée de l'épureur</li> <li>▪ du lisier est pompé avant de débiter les bancs d'essais pour tenter d'épaissir le lisier</li> </ul>
C	Houle	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ fibres bien broyées</li> <li>▪ mélange uniforme</li> <li>▪ fumier solide encore gelé au pourtour de la fosse</li> </ul>

D'après nos observations, quelques conditions sont requises pour rendre le lisier homogène dans une fosse ayant des amas de fumier:

1. Défaire complètement l'amas de fumier solide,

2. Défaire les parties solides (mottes) qui flottent dans le liquide,
3. Créer une circulation des lisiers dans la fosse pour amener les parties solides vers la pompe,
4. Brassier et pomper le lisier pour couper les fibres et l'homogénéiser.

Pour satisfaire le point 1, les pompes doivent avoir un jet puissant afin de défaire l'amas solide dans la structure d'entreposage. Les équipements que nous avons suivis pouvaient tous accomplir cette tâche. Toutefois, l'accès aux quais de brassage doit permettre à l'opérateur de positionner sa pompe près de l'amas tout en disposant suffisamment de liquide. au site A, un seul quai a pu être utilisé parce que l'amas était trop près du second quai pour permettre d'y mettre la pompe.

Pour satisfaire les points 2, 3 et 4, c'est-à-dire défaire les mottes, briser les fibres et homogénéiser le lisier, le lisier doit passer par la pompe. L'opérateur doit humecter les matières en suspension dans la fosse avec le canon. Par la suite, un mouvement doit être créé dans la fosse pour attirer ces matières flottantes vers la turbine de la pompe. Selon nos observations, les hélices présentes sur les pompes DM et Houle sont plus efficaces pour amorcer ce mouvement et défaire les amas de fumier qui flottent et qui arrivent vers la pompe (Figure 18a). Ensuite, les fibres sont mélangées et hachées avec l'action de la turbine et de l'hélice. Le temps de brassage sera grandement influencé par cette étape selon la quantité de matières solides présente.



**Figure 18 :** a) Amorce du mouvement des matières solides dans la fosse vers la pompe Houle, b) inefficacité de la pompe Pro-Jet dans un lisier trop clair.

Pour certains équipementiers tels que DM et Houle, leur pompe fonctionne mieux lorsqu'il y a suffisamment de liquide dans la fosse pour permettre le mouvement des matières solides. Pour Pro-Jet, le lisier doit être épais pour que leur pompe puisse attirer les solides dans la turbine. N'ayant pas d'hélice, la turbine ne pompe que l'eau lorsque les lisiers sont trop clairs. De fait, la

fosse brassée par la pompe Pro-Jet semblait contenir beaucoup de liquide et le brassage a été relativement inefficace pour défaire les fibres encore présentes à la surface lors de la reprise.

Soulignons que le fabricant Pro-Jet a d'abord utilisé (pendant moins de 2 heures) une pompe récente qu'il a dû remplacer par une pompe plus âgée en raison de bris mécanique de la première. Mais cette raison n'a pas été invoquée par le fabricant pour expliquer la durée du brassage.

Les résultats d'analyse des lisiers épandus démontrent que les teneurs en matière sèche étaient de 8,2% (CV 1,5%) au site A, de 5,5% (CV 3,6%) au site B et de 10% (CV 1,7%) au site C. Les teneurs en matière sèche auraient pu être plus élevées dans les trois essais. En effet, il y avait présence de glace et de fumier gelé dans les trois fosses. Ainsi, une partie du volume solide contenu dans la fosse n'a pu être mélangé. Au site C, le taux de matière sèche a toutefois atteint des teneurs élevées limitant le mouvement de rotation créé dans la fosse par la pompe. Dans les dernières 30 minutes de brassage, les derniers amas de fumiers dégelés ont plutôt été défaits avec le canon.

Les équipements que nous avons suivis sont parmi les plus gros et les plus récents disponibles sur le marché. Les tracteurs utilisés avaient entre 150 et 225 HP. Sur les fermes au Québec, les producteurs ont davantage des tracteurs entre 100 et 150 HP et des équipements de brassage et de pompage un peu moins récents dans certains cas. Il est bon de préciser que les résultats obtenus dans ces essais auraient peut-être été différents avec d'autres équipements.

À la reprise, nous avons remarqué que la pompe ne doit pas se situer dans le fond de la fosse, puisque les fibres ont tendance à flotter à la surface du lisier. Lors de certains voyages où la pompe se trouvait au fond de la fosse, les mesures d'affaissement sur le cercle de 60 cm diminuaient. En retirant davantage de liquide, en pompant dans le fond de la fosse, le lisier aura tendance à épaissir vers la fin du chantier. Nous recommandons donc de positionner la pompe dans la partie supérieure du lisier lors de la reprise pour éviter d'épaissir indûment les lisiers.

### 2.1.2. *Calcul des coûts de brassage*

Nous avons calculé les coûts du brassage afin de rapporter les efforts nécessaires pour obtenir des lisiers homogènes sous les différents systèmes de pompe. Les calculs sont basés sur les critères suivants :

- un amortissement de 10 ans et 250 heures par année pour l'utilisation de la pompe,
- carburant à 0,69\$/litre, taxe d'accise incluse,
- lubrifiant à 15% du coût du carburant,
- main-d'œuvre à 15\$/heure avec les charges de l'employeur incluses,
- une utilisation annuelle du tracteur de 500 heures,
- le coût horaire, les frais d'entretien, les frais de réparations, les frais fixes en fonction de la puissance du tracteur et de l'utilisation annuelle sont établis selon les références économiques du CRAAQ.

Les coûts de brassage sont présentés au Tableau 9. Le coût de brassage pour le premier site a été de 649\$. Pour les sites B et C, les coûts de brassage réels et totaux auraient été plus élevés car des brassages avant nos essais ont été réalisés. Ceux-ci n'ont pas été comptabilisés.

La valeur des pompes est similaire aux trois sites. La variation du coût d'opération est majoritairement due aux différences entre les tracteurs. Tel que mentionné au Tableau 5, il y a eu un autre brassage au site B avant nos essais et deux autres brassages au site C. Donc, le temps de brassage total et les coûts seraient supérieurs à ceux présentés au Tableau 9 pour le site B et C.

**Tableau 9 : Coût de brassage aux sites A, B et C**

			Site A	Site B	Site C
	Temps total		5h30	11h00 + brassage initial	5h00 + brassage initial
<b>Brassage</b>	Coût d'opération	\$/h	118\$	95 \$	122 \$
	Coût de brassage	\$	649\$	1144 \$	610 \$

La gestion de la litière et du foin dans l'alimentation diffère au site A. Le producteur hache la paille servant de litière et le foin sec ajouté à la ration totale mélangée (RTM) est haché. Donc, la pompe a besoin de moins de temps pour broyer les fibres. Aux sites B et C, le foin et la litière se retrouvent tels quels dans la fosse. Conséquemment, le temps de brassage est augmenté.

Nous avons observé que l'énergie nécessaire pour brasser une fosse uniformément était considérable. L'énergie nécessaire varie selon la régie d'élevage, les équipements de brassage et de manutention utilisés par les producteurs pour gérer les lisiers et les fumiers. Dans les trois cas choisis, nous croyions à priori que l'épandage serait difficile d'après les discussions entreprises avec les producteurs concernés. Finalement, les conditions n'étaient pas extrêmes. C'est ce qui nous porte à croire que lorsque suffisamment d'énergie est déployée pour brasser la fosse, il est possible d'épandre les lisiers de bovins pailleux avec des rampes basses.

Des modifications aux pratiques actuelles et des investissements en équipements peuvent être nécessaires pour obtenir les conditions de réussite.

Au niveau de la régie d'élevage, le producteur a le choix de broyer les fibres de foin avant l'alimentation des animaux ou avant l'expulsion des fumiers vers la fosse. La litière devrait toujours être hachée. Pour les producteurs qui utilisent la ration totale mélangée, il est possible d'utiliser un hache-foin avant l'incorporation du foin dans le mélangeur. Pour les producteurs qui

---

alimentent le foin et l'ensilage séparément, un système de broyage à la sortie du bâtiment pourrait permettre de hacher et humecter le fumier afin de faciliter le brassage dans la fosse. Pour certains producteurs, la modification des systèmes d'évacuation implique des coûts supplémentaires importants: achat d'un système de hachage et de pompage, modification du bâtiment et enlèvement de la montée d'écurieur.

D'après notre sondage chez les entrepreneurs à forfait, la réduction des refus de foin dans l'étable et la réduction des apports de refus de foin vers la fosse sont apparus comme étant les deux meilleures solutions à privilégier après la réduction des corps étrangers dans la fosse, pour améliorer la performance des rampes d'épandage (voir Sondage, page 19).

À notre avis, plusieurs producteurs n'ont pas les équipements adéquats pour réaliser un brassage uniforme. Les pompes efficaces sont dispendieuses et les tracteurs (+/- 200 HP) pour les opérer ne sont pas disponibles sur toutes les entreprises. Les producteurs qui n'ont pas l'équipement nécessaire peuvent engager un entrepreneur à forfait. Cependant, le temps de brassage est souvent diminué soit par manque de temps ou pour diminuer les coûts. À cet effet, un léger brassage initial permet d'humecter la paille et le foin dans la fosse. Ainsi, lors du brassage avant l'épandage, les fibres se mélangeront mieux aux liquides.

Le brassage de la fosse jusqu'à l'obtention d'un lisier homogène est non seulement souhaité pour la réduction des blocages dans les équipements d'épandage, mais aussi pour la valeur fertilisante des lisiers appliqués. Ainsi, les lisiers appliqués ont une valeur fertilisante uniforme du début à la fin du chantier. De même, les échantillons prélevés pour la caractérisation seront aussi moins variables et plus représentatifs de la valeur fertilisante des lisiers appliqués.

## 2.2. Caractérisation du lisier

Le Tableau 10 présente les moyennes, écarts types et les coefficients de variation (CV) de quelques caractéristiques physiques des lisiers échantillonnés aux 3 sites à l'essai. Les faibles coefficients de variation obtenus au niveau de la densité (< 1,0 %) et la teneur en matière sèche (< 4 %) à chaque site indiquent que ces propriétés ne variaient que très peu entre les échantillons d'un même site.

**Tableau 10: Teneur moyenne, écart type et coefficients de variation (CV) des propriétés physiques des lisiers analysés aux 3 sites à l'essai.**

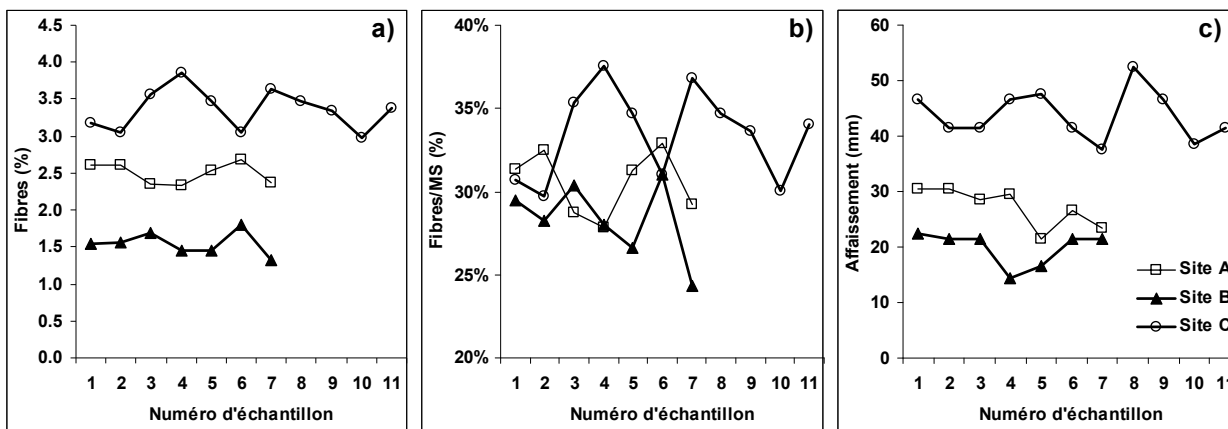
Site A				
	n	Moyenne	Écart type	CV
Densité (g/cm <sup>3</sup> )	7	1,036	0,010	0,9%
Matière sèche (%)	7	8,2	0,1	1,5%
Pourcentage des fibres (%)	7	2,5	0,1	5,8%
Pourcentage des fibres/MS (%) <sup>¶</sup>	7	31	1,9	6,3%
Test d'affaissement (mm)	7	27	3,5	13,0%
Site B				
	n	Moyenne	Écart type	CV
Densité (g/cm <sup>3</sup> )	7	1,026	0,010	0,9%
Matière sèche (%)	7	5,5	0,2	3,6%
Pourcentage des fibres (%)	7	1,5	0,2	10,2%
Pourcentage des fibres/MS (%) <sup>¶</sup>	7	28	2,3	8,1%
Test d'affaissement (mm)	7	20	3,1	15,6%
Site C				
	n	Moyenne	Écart type	CV
Densité (g/cm <sup>3</sup> )	11	1,094	0,010	0,9%
Matière sèche (%)	11	10,0	0,2	1,7%
Pourcentage des fibres (%)	11	3,4	0,3	8,3%
Pourcentage des fibres/MS (%) <sup>¶</sup>	11	33	2,7	8,1%
Test d'affaissement (mm)	11	44	4,5	10,2%

<sup>¶</sup> : Pourcentage des fibres contenues dans la matière sèche

Des coefficients de variation plus élevés ont été mesurés sur les pourcentages de fibres (CV de 5,8% à 10,2%), la proportion de fibres contenues dans la matière sèche (CV de 6,3% à 8,1%), ainsi que la hauteur d'affaissement du lisier (CV de 10,2 à 15,6%). La variabilité de ces propriétés est soit reliée à une instabilité dans la méthode de mesure ou à une réelle évolution des lisiers à mesure qu'ils sont chargés.

Afin de vérifier si ces propriétés ayant un plus fort coefficient de variation (pourcentages de fibres dans le lisier, pourcentages de fibres contenues dans la matière sèche et test d'affaissement) ont évolué au cours des bancs d'essai, elles ont été rapportées selon la séquence d'échantillonnage réalisée aux sites A, B et C à la Figure 19 a, b et c. Ces figures

illustrent la variabilité dans le temps de la mesure de ces propriétés, mais il est difficile de conclure à une évolution à la baisse ou à la hausse de ces propriétés dans le temps. Une certaine tendance à la baisse du test d'affaissement dans le temps pourrait toutefois être évoquée aux sites A et B (Figure 19c).



**Figure 19 :** Évolution a) du pourcentage de fibres, b) du pourcentage de fibres contenues dans la matière sèche et c) du test d'affaissement au cours des bancs d'essai et des chantiers d'épandage aux sites A, B et C.

Dans le cas des propriétés ayant des faibles coefficients de variation, celles-ci sont homogènes à l'intérieur des sites, mais très probablement différentes entre les sites. Nous tenterons également de vérifier plus loin si ces propriétés sont corrélées entre les sites.

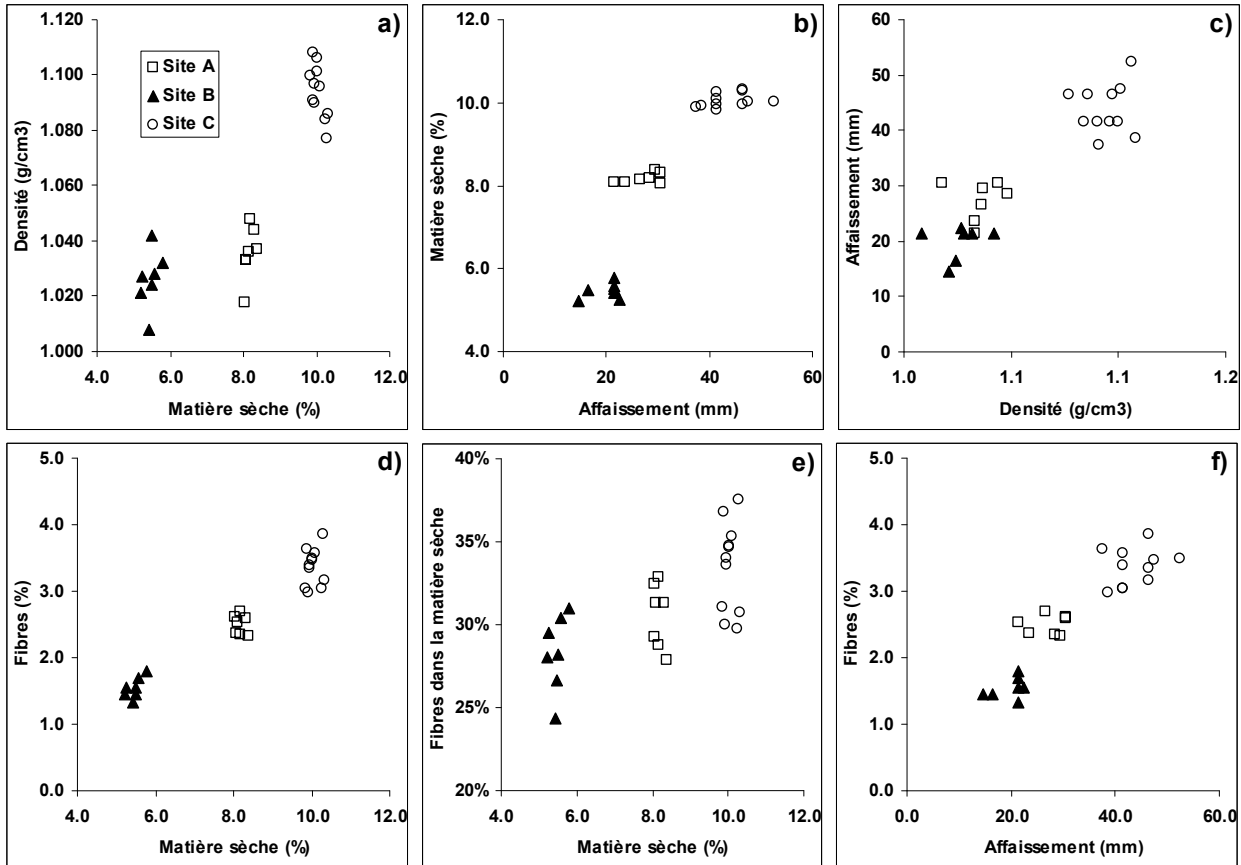
### 2.2.1. Teneur en matière sèche

Les teneurs en matière sèche (MS) étaient en moyenne de 8,2% au site A, de 5,5% au site B et de 10,0% au site C (Tableau 10). Contrairement aux attentes, les lisiers sous montées d'écurieur (sites A et B) ont les teneurs en MS les plus faibles. La fosse au site C reçoit toutefois des apports importants de fumier d'une étable à stabulation libre pour veaux; ce qui peut augmenter de beaucoup la teneur en MS des lisiers entreposés. Également, cette fosse a été vidangée à 2 reprises au printemps avant le banc d'essai, ce qui peut avoir augmenté la teneur en MS des lisiers, en soutirant des fractions plus liquides. Par ailleurs, la fosse au site B était la moins chargée en MS, alors que le producteur et nous mêmes nous nous attendions au contraire, vu l'état de l'amas sous la montée (voir Figure 2a). Dans tous les cas de fosses observées et échantillonnées ce printemps par notre Équipe, nous avons été surpris des quantités d'eau accumulées avec les amas et les parties solides dans les fosses. La teneur en MS la plus élevée (10,3%) que nous ayons mesurée a d'ailleurs été enregistrée dans la fosse au site C.

### 2.2.2. Densité

Les densités des lisiers étaient en moyenne de 1,04 g/cm<sup>3</sup> au site A, de 1,03 g/cm<sup>3</sup> au site B et de 1,09 g/cm<sup>3</sup> au site C (Tableau 10). La densité des échantillons de lisier semble quelque peu reliée à la teneur en matière sèche (MS), si elle est comparée entre les sites (Figure 20a). Le

lisier prélevé au site C était celui qui avait la MS la plus élevée et aussi la densité la plus élevée. Par contre, au niveau d'un même site, la densité est plus variable et ne semble pas liée au contenu en matière sèche. Les erreurs possibles de mesure et d'échantillonnage liées à l'analyse de la densité sont probablement plus élevées que la variation réelle de cette propriété dans une même fosse vidangée durant quelques heures.



**Figure 20 :** Relations entre la matière sèche, la densité, le pourcentage de fibres, le pourcentage de fibres contenues dans la matière sèche et la mesure d'affaissement des lisiers échantillonnés aux 3 sites.

Aussi, de façon surprenante, toutes les valeurs mesurées se situent au-dessus de 1 g/cm<sup>3</sup> alors que celles présentées dans le rapport précédent (Rampes d'épandage de lisier avec litière) avaient une densité inférieure à l'unité. Des valeurs de densité de lisier inférieures à l'unité, sont associées à la présence de fibres organiques non décomposées plus légères que l'eau qui diminue la densité des lisiers. Dans ce cas, la densité des lisiers ayant fait l'objet de la présente étude devrait diminuer avec l'augmentation du contenu en MS, comme il avait été noté dans le rapport précédent. Ce qui semble être le cas seulement au site C. La présence de matière sèche plus dense dans les lisiers (comme du sol ou du matériel très décomposé) expliquerait les densités élevées de nos lisiers.



### 2.2.3. *Mesure d'affaissement*

Le test d'affaissement des lisiers révèle des lisiers relativement peu contraignants pour l'épandage avec des valeurs moyennes de 27 mm pour le site A, 20 mm pour le site B et 44 mm pour le site C. Certains fabricants garantissent le passage des lisiers dans leur rampe, lorsque le test d'affaissement est inférieur à 60 mm (2,5 pouces), allant même jusqu'à 100 mm (4 pouces).

La mesure d'affaissement des échantillons de lisier est aussi reliée à la teneur en matière sèche (Figure 20b) et au pourcentage de fibres (Figure 20f), lorsque les observations sont comparées entre les sites. Toutefois, comme pour la densité, il ne semble pas y avoir de lien entre l'affaissement et la matière sèche, ni même avec la densité si ces propriétés sont comparées à l'intérieur d'un même site. Ce qui tend à indiquer encore que les variations à l'intérieur d'un même site sont trop faibles ou que les erreurs de mesure et d'échantillonnage sont trop importantes.

### 2.2.4. *Pourcentage des fibres contenues dans le lisier et dans la matière sèche.*

Les pourcentages des fibres contenues dans les lisiers étaient en moyenne de 2,5% au site A, de 1,5% au site B et de 3,4% au site C (Tableau 10). Ces valeurs étaient de 4,2 et 5,0 % dans les lisiers échantillonnés aux deux sites en automne lors des essais précédemment réalisés avec les rampes d'épandage. Cette année, la fibre représentait 31, 28 et 33% de la matière sèche (MS) aux sites A, B et C respectivement, alors que ces valeurs étaient de 51 et 39 % de la MS des lisiers échantillonnés dans les deux essais réalisés à l'automne précédent. Bien que nous ayons cherché à sélectionner des fosses avec des contenus plus importants en fibres de paille et de foin au printemps, pour bien mettre à l'épreuve les rampes, nous avons été surpris des faibles contenus obtenus. Ces différences pourraient s'expliquer en partie par le changement dans la méthode utilisée pour caractériser les fibres qui se fait à partir d'un sac en moustiquaire au lieu d'un sac de jute. La toile de moustiquaire présente des ouvertures quelque peu plus grandes (1,2 mm) et plus uniformes que celle de jute. Elle a été choisie pour améliorer la vitesse de lavage de fibres et standardiser la grosseur des ouvertures qui étaient variables et inconnues dans les sacs de jute.

Dans ces essais, les pourcentages de fibres contenues dans les lisiers et dans la matière sèche des lisiers sont bien reliés à la teneur en matière sèche et au test d'affaissement des différents lisiers utilisés (Figure 20d, e et f). Si la relation entre le test d'affaissement et le pourcentage de fibres (Figure 20f) s'avérait valide pour un grand nombre de lisiers de bovins, le test d'affaissement pourrait s'avérer utile pour prédire au champ la consistance des lisiers, les risques de blocage et le comportement des lisiers dans divers systèmes d'épandage.

### 2.2.5. *Appréciation visuelle des longueurs de fibres à partir d'image*

Les images des fibres de dimension supérieure à 1,2 mm provenant des lisiers des 3 sites permettent de comparer la grosseur des fibres qui résulte des différents brassages ainsi que des conditions initiales du lisier dans les fosses (Figure 21). Tous les échantillons de lisiers analysés ne présentent pas de fibres supérieures à 10 cm de longueurs, qu'ils aient été broyés avec la

---

pompe Pro-Jet ou non. En dessous de 10 cm, les fibres ne devraient pas représenter des risques importants pour le passage dans les rampes, à moins qu'elles se présentent en grosses mottes.

Les lisiers au site A (photos a, b et c) sont issus d'un seul brassage avec une pompe DM d'un amas sous une montée d'épureur contenant beaucoup de paille pré-hachée (hache-paille) et quelques refus de foin de balles rondes. Malgré la réduction des pailles à des longueurs inférieures à 10 cm, des quantités importantes de pailles de tailles aux environs de 5 cm persistent. Cette fosse en était à son premier brassage. Les lisiers au site B (photos d, e et f) sont aussi issus du brassage d'un amas sous une montée d'épureur contenant des pailles non-hachées et des refus de foin de balles rondes. On y observe encore des pailles de tailles d'environ 5 cm, mais la présence de matières finement déchiquetées est plus importante. Cette matière résulte soit de la quantité plus importante de foin utilisée par le producteur, soit du nombre accru d'heures de brassage réalisées sur cette fosse (6 heures au printemps par le forfaitaire + 11 heures par la pompe Pro-Jet) ou soit de l'efficacité de la pompe Pro-Jet. Les lisiers au site C (photos d, e et f) sont issus du brassage à plusieurs reprises (4 heures au début de mai + 4 heures à la fin de mai + 5 heures le 27 juin 2007) d'une fosse alimentée par un évacuateur souterrain, contenant des pailles non-hachées et des refus de foin de grosses balles carrées.

Comme au site A, la présence de pailles d'environ 5 cm est importante au site C. Malgré le nombre élevé d'heures de brassage sur ce dernier site, les fibres ne semblent pas autant réduites en longueur qu'au site B. Il est possible que la pompe Pro-Jet permette de réduire davantage les fibres entre 1 et 5 cm, mais à cette grosseur il est moins probable que ces fibres présentent des difficultés pour les épandages. En conclusion, toutes les pompes utilisées ont été en mesure de réduire la dimension des fibres à des longueurs acceptables pour le passage dans les rampes.



Figure 21 : Images des fibres > 1,2 mm issues des lisiers provenant des fosses des sites A (photos a, b et c), B (photos d, e et f) et C (photos g, h et i). Règle de 15 cm.

### 2.2.6. *Évolution saisonnière des propriétés du lisier*

Il est évident que les propriétés des lisiers évoluent au cours de la saison à mesure qu'ils sont brassés et que la fosse est partiellement vidangée. Déjà dans l'étude précédente, les producteurs, les entrepreneurs à forfait et les fabricants nous avaient mentionné que les problèmes de blocage étaient plus rares à l'automne. À ce moment de l'année, la fosse a déjà été brassée à quelques reprises au cours de l'été. D'après leur témoignage, c'est lors de l'épandage printanier que les lisiers présentent les conditions les plus extrêmes. D'après nos essais et nos suivis sur le terrain, bien qu'ils soient encore partiels, les fosses peuvent quand même contenir beaucoup d'eau au printemps, malgré l'aspect solide en surface, comme dans le cas de la fosse du site B (Figure 2).

Les amas gelés et les solides mal mélangés avec les parties liquides vont évoluer au cours de la saison, à mesure que les fractions plus liquides sont retirées, surtout si les lisiers sont mal homogénéisés dans la fosse avant d'être pompés. Le lisier peut être mal homogénéisé même si de nombreuses heures sont investies pour brasser la fosse (comme dans nos bancs d'essai), mais qu'il persiste des parties de fumiers solides gelés dans la fosse. Il est par ailleurs difficile de prévoir l'évolution du lisier en cours de saison, car même si des fractions plus liquides de lisier sont pompées au printemps, le lisier restant et ses parties solides se décomposent plus facilement suite à leur brassage. Ainsi, le taux de matière sèche du lisier peut augmenter en cours de saison, augmentant sa viscosité, mais la décomposition des fibres pourrait rendre le lisier moins problématique pour le blocage dans les équipements d'épandage. Par ailleurs, les fractions solides restantes qui dégèlent sont aussi composées d'eau et sujettes à la décomposition dans le lisier brassé. La contribution de cette masse de fumier à la problématique des lisiers dans les rampes est ainsi difficile à prévoir.

### **2.3. Essais au champ**

La section suivante résume l'ensemble des observations recueillies durant les trois bancs d'essai sur les rampes d'épandage.

#### *2.3.1. Caractéristiques des parcours d'épandage.*

La Figure 22 illustre les patrons d'épandage réalisés par les différents équipements aux 3 sites à l'essai. Dans la plupart des cas, ces équipements d'épandage auront réalisé leur vidange complète dans un seul aller simple sur la parcelle. Les cas d'exception sont soit liés à l'utilisation de plus grosses citernes ou à des largeurs d'épandage plus restreintes selon les caractéristiques des rampes, comme par exemple la rampe Maddington à 2 jets qui épand sur environ 7 m de large ou la rampe DM à 4 jets pour maïs qui épand sur environ 6 m de large.

Le dispositif de mesure avec les bacs au sol a été placé à 400 m de distance du départ des rampes aux sites A et C, et à 365 m au site B pour se situer en moyenne à mi-parcours des trajets d'épandage. Le Tableau 11 fait état de la position du dispositif par rapport aux distances parcourues par les rampes avant leur vidange complète. Le dispositif était ainsi positionné entre 31 à 65% des trajets parcourus par les rampes au site A, entre 45 à 91% des trajets parcourus au site B et entre 27 à 77 % des trajets parcourus au site C.

La capacité effective des citernes vidangées a été calculée avec le volume des citernes et un coefficient de remplissage de 95% et rapportée dans le Tableau 11. Les temps et les longueurs de parcours ont servi à calculer les vitesses moyennes d'avancement, les débits ainsi que les doses moyennes appliquées par les équipements à l'échelle des parcours. Les vitesses moyennes d'avancement des équipements ont varié de 9 à 16 km/h. La plus grande vitesse ayant été atteinte avec la rampe Maddington à 2 jets, mais d'autres rampes ont également circulé à des vitesses élevées (14 à 15 km/h) pour atteindre la dose d'épandage souhaitée (2000 gallons à l'acre ou 22,4 m<sup>3</sup>/ha).

Les débits mesurés sont aussi relativement variables passant de 45 à 136 litres/sec selon les équipements, mais en général le débit est relativement constant entre les deux passages répétés d'un même équipement sur un même site. Par contre, la rampe Teamco a produit des débits différents entre ses deux passages répétés au site A soit un débit de 86 litres/sec lors de son premier passage et de 136 litres/sec lors de son deuxième passage. Ce fabricant a en fait voulu faire la démonstration de 2 types d'épandage que son équipement pouvait produire avec des pressions différentes.

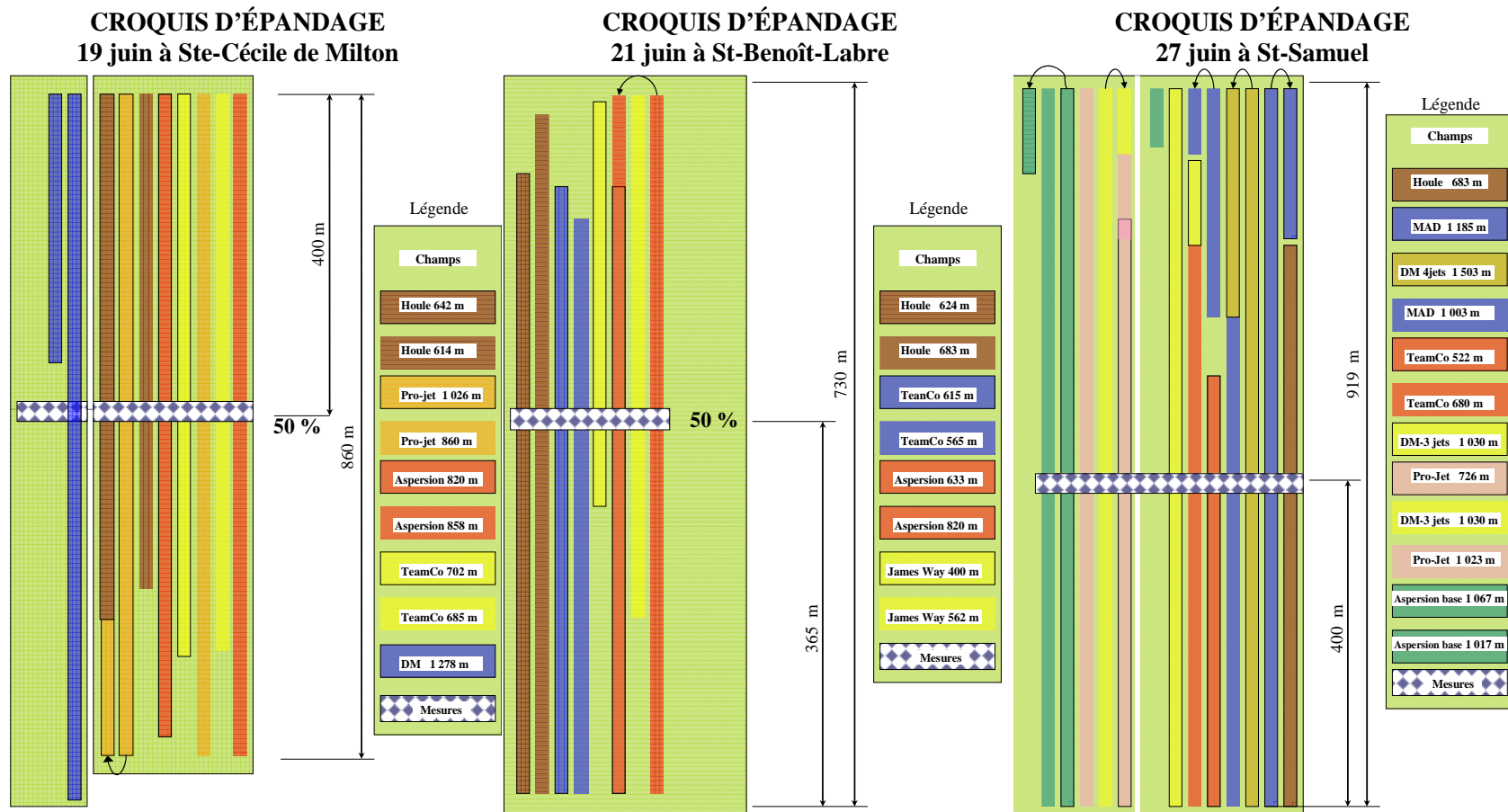


Figure 22 : Patrons d'épandage réalisés aux 3 sites A, B et C respectivement.

**Tableau 11 : Caractéristiques des parcours réalisés par les différentes rampes à l'essai aux 3 sites.**

Site	Rampe	Rép.	Prise de force tpm	Capacité effective m <sup>3</sup>	Temps parcours min:sec	Longueur parcours m	Largeur parcours m	Position du dispositif % parcours	Vitesse km/h	Débit l/sec	Dose m <sup>3</sup> /ha
A	Houle	1	540	18,8	3:54	642	11,2	62	10	80	26,1
	Houle	2	540	18,8	3:41	614	11,4	65	10	85	26,8
	Pro-Jet	1	540	20,3	*	1026	9,95	39	*	*	19,9
	Pro-Jet	2	540	20,3	5:53	860	9,3	47	9	57	25,4
	TeamCo	1	540	22,8	4:41	702	11,0	57	9	81	29,5
	TeamCo	2	540	22,8	2:48	685	11,0	58	15	136	30,3
	Aspersion basse	1	540	18,6	4:34	820	9,5	49	11	68	23,8
	Aspersion basse	2	540	18,6	4:59	858	9,7	47	10	62	22,3
	DM 3 jets	1	1000	19,0	6:25	1278	9,7	31	12	49	15,3
B	Houle	1	540	17,3	2:32	624	11,4	58	15	114	24,3
	Houle	2	540	17,3	2:44	683	11,2	53	15	105	22,6
	TeamCo	1	540	13,0	4:02	615	10,9	59	9	54	19,3
	TeamCo	2	540	13,0	3:48	565	10,8	65	9	57	21,2
	Jamesway	1	1000	14,7	2:10	400	13,5	91	11	113	27,2
	Jamesway	2	1000	14,7	2:25	562	12,2	65	14	101	21,4
	Aspersion basse	1	540	13,0	3:34	633	9,0	58	11	61	22,7
	Aspersion basse	2	540	13,0	4:46	820	8,7	45	10	45	18,2
	C	Maddington	1	1000	17,3	4:30	1185	7,7	34	16	64
Maddington		2	1000	17,3	4:11	1003	6,9	40	14	69	25,0
DM 4 jets		1	1000	21,6	6:53	1503	6,4	27	13	52	22,4
DM 3 jets		1	1000	21,6	6:45	1030	9,3	39	9	53	22,5
DM 3 jets		2	1000	21,6	6:42	1015	9,7	39	9	54	21,9
TeamCo		1	1000	17,3	2:43	522	11,0	77	12	106	30,1
TeamCo		2	1000	17,3	2:56	680	11,8	59	14	98	21,5
Pro-Jet		1	1000	22,7	4:00	726	10,3	55	11	94	30,3
Pro-Jet		2	1000	22,7	4:27	1023	10,7	39	14	85	20,7
Houle		1	1000	26,3	3:37	683	11,7	59	11	121	33,0
Aspersion basse		1	1000	28,5	5:43	1067	12,8	37	11	83	20,9
Aspersion basse		2	1000	28,5	5:27	1017	14,2	39	11	87	19,7

\* données incomplètes : blocage de la rampe à mi parcours = temps indéfini

¶ écart absolu : écart absolu entre la dose visée (22,4 m<sup>3</sup>/ha) et la dose mesurée divisé par la dose visée.

Par ailleurs, il ne semble pas y avoir de lien important entre le régime de la prise de force (PDF) et les débits calculés pour les différentes rampes d'épandage. Le débit de vidange d'une citerne dépend d'un bon nombre d'autres facteurs, avec entre autres la possibilité d'effectuer un retour de la pression vers la citerne (pour certaines rampes) et ainsi de réduire le débit à la sortie. Ce débit a par contre une importance au niveau de la pression produite à la sortie de chaque jet (selon aussi son ouverture), et de la possibilité de créer de la dérive de bruines ou de fines gouttelettes de lisier. L'effet du régime de la prise de force sur la citerne est par contre perceptible au niveau des passages de l'aérospersion basse. Le débit est passé d'environ 50 l/sec aux sites A et B avec un régime de 540 tpm, à environ 85 l/sec au site C avec un régime de 1000 tpm. De même, avec les pressions exercées qui ont dû augmenter proportionnellement avec un seul jet (en supposant les mêmes types d'ouvertures), les largeurs d'épandage sont passées de 9,3 m (540 tpm) aux sites A et B à 13,7 m au site C (1000 tpm).

### 2.3.2. Blocage des rampes

Parmi les 27 passages réalisés et suivis dans le cadre de ces essais, seule la rampe Pro-Jet a encouru des blocages significatifs reliés à des fibres de paille et de foin, soit au site A au niveau de son jet central lors de son premier passage. Dans ce cas-ci, des fibres de paille et de foin ont obstrué la sortie du jet au moment où la citerne a redémarré pour terminer son épandage en bout de parcelle (Figure 23). Lors de son deuxième passage sur ce même site, son jet de gauche était aussi partiellement bloqué (Figure 24).



**Figure 23 :** Vue de la rampe Pro-Jet et de son jet du centre bloqué par des fibres de paille et de foin



**Figure 24 :** Vue de la rampe Pro-Jet et de son jet de gauche bloqué partiellement par des fibres de paille et de foin



Au site C, la rampe Pro-Jet a produit des débits variables lors de ses deux passages, mais au niveau des 3 sorties et en même temps. Lors du premier passage, le débit est passé de relativement faible à un débit surélevé vers la fin du parcours. Au deuxième passage, le débit était surélevé en début de parcours, a diminué à mi-parcours pour s'élever à nouveau à la fin du parcours. Le blocage se serait donc produit en amont du distributeur, soit dans la première section du distributeur ou dans la pompe centrifuge de la citerne. Des débris de membrane de plastique pour l'enrobage des balles rondes étaient présents dans la fosse et ont pu se retrouver dans les citernes. De tels débris de plastique ont été retrouvés à la fin du premier parcours de la rampe Pro-Jet au site C, au moment où la pression a augmenté dans les jets.

Au site C, du gravier était également présent dans la fosse et provenait probablement du fumier de l'étable froide qui se retrouve mélangé avec du sol au moment de sa reprise. Ce gravier était présent dans les citernes, car on l'entendait circuler dans les conduites des citernes. La rampe DM à 3 jets a subi un blocage dû à ces graviers dans son jet de droite, mais dans un parcours extérieur aux essais.

De tels corps étrangers sont susceptibles de bloquer et de détériorer les équipements de brassage et d'épandage. Les rampes sont par ailleurs plus sensibles au blocage que les équipements d'aéroaspersion basse (aucun blocage dans nos essais et suivis), et les différents essais et chantiers d'épandage que nous avons suivis témoignent de cette même réalité avec les corps étrangers. Dans nos essais par contre, les blocages reliés à des fibres de paille et de foin ont été inexistantes sauf pour la rampe Pro-Jet.

### 2.3.3. Précision de la dose appliquée

Le Tableau 12 rapporte les doses mesurées sur le parcours, ainsi que les doses moyennes mesurées avec le dispositif de bacs et de tissus absorbants pour échantillonner la variabilité latérale. La dose visée était de 2000 gallons à l'acre (ou 22,4 m<sup>3</sup>/ha). Les doses mesurées sur les parcours ont toutefois varié de 15,3 m<sup>3</sup>/ha (rampe DM au site A) à 33 m<sup>3</sup>/ha (rampe Houle au site C). Au site A, le représentant de la rampe DM voulait nous démontrer la capacité de sa rampe à appliquer une plus faible dose (15 m<sup>3</sup>/ha) que la dose visée (22,4 m<sup>3</sup>/ha); ce qui n'avait pas été demandé. Au site C, le représentant de la rampe Houle a eu quelques difficultés à ajuster sa dose, alors qu'en général sur les autres sites, la dose visée était mieux respectée par cette rampe (26,1, 26,6, 24,3, 22,6 m<sup>3</sup>/ha). En écart absolu (É.A.), les valeurs sont donc passées de 0% avec la rampe DM à 4 jets au site C à 47% avec la rampe Houle au site C.

**Tableau 12 : Doses mesurées sur le parcours et doses moyennes mesurées avec les bacs et les tissus selon les différentes rampes à l'essai aux 3 sites.**

Site	Rampe	Rép.	Dose visée (m3/ha)	Dose parcours			Dose latérale bacs			Dose latérale tissus		
				(m3/ha)	É.A. <sup>¶</sup>	(m3/ha)	CV	É.A.	(m3/ha)	CV	É.A.	
A	Houle	1	<b>22,4</b>	<b>26,1</b>	17%	<b>22,1</b>	41%	1%	<b>20,6</b>	14%	8%	
	Houle	2	<b>22,4</b>	<b>26,8</b>	20%	<b>25,5</b>	41%	14%	<b>19,9</b>	11%	11%	
	Pro-Jet	1	<b>22,4</b>	<b>19,9</b>	11%	<b>16,9</b>	50%	25%	<b>20,0</b>	33%	11%	
	Pro-Jet	2	<b>22,4</b>	<b>25,4</b>	13%	<b>19,8</b>	53%	12%	<b>20,8</b>	25%	7%	
	TeamCo	1	<b>22,4</b>	<b>29,5</b>	32%	<b>25,4</b>	56%	13%	<b>24,2</b>	22%	8%	
	TeamCo	2	<b>22,4</b>	<b>30,3</b>	35%	<b>24,3</b>	68%	8%	<b>20,6</b>	14%	8%	
	Aspersion basse	1	<b>22,4</b>	<b>23,8</b>	6%	<b>17,0</b>	61%	24%	<b>16,0</b>	10%	28%	
	Aspersion basse	2	<b>22,4</b>	<b>22,3</b>	0%	<b>18,1</b>	50%	19%	<b>16,4</b>	11%	27%	
	DM 3 jets	1	<b>22,4</b>	<b>15,3</b>	32%	<b>14,4</b>	47%	36%	<b>16,0</b>	11%	29%	
B	Houle	1	<b>22,4</b>	<b>24,3</b>	8%	<b>17,2</b>	58%	23%	<b>18,5</b>	28%	17%	
	Houle	2	<b>22,4</b>	<b>22,6</b>	1%	<b>18,6</b>	53%	17%	<b>17,7</b>	22%	21%	
	TeamCo	1	<b>22,4</b>	<b>19,3</b>	14%	<b>14,6</b>	47%	35%	<b>22,5</b>	46%	1%	
	TeamCo	2	<b>22,4</b>	<b>21,2</b>	5%	<b>17,7</b>	42%	21%	<b>21,0</b>	44%	6%	
	Jamesway	1	<b>22,4</b>	<b>27,2</b>	21%	<b>22,3</b>	48%	1%	<b>25,8</b>	18%	15%	
	Jamesway	2	<b>22,4</b>	<b>21,4</b>	4%	<b>14,0</b>	55%	38%	<b>18,0</b>	26%	20%	
	Aspersion basse	1	<b>22,4</b>	<b>22,7</b>	2%	<b>19,1</b>	87%	15%	<b>11,2</b>	9%	50%	
	Aspersion basse	2	<b>22,4</b>	<b>18,2</b>	19%	<b>14,2</b>	51%	36%	<b>12,4</b>	19%	45%	
C	Maddington	1	<b>22,4</b>	<b>18,9</b>	15%	<b>20,5</b>	45%	8%	<b>17,9</b>	22%	20%	
	Maddington	2	<b>22,4</b>	<b>25,0</b>	11%	<b>24,7</b>	52%	10%	<b>20,2</b>	21%	10%	
	DM 4 jets	1	<b>22,4</b>	<b>22,4</b>	0%	<b>33,6</b>	69%	61%	<b>24,1</b>	35%	8%	
	DM 3 jets	1	<b>22,4</b>	<b>22,5</b>	1%	<b>24,2</b>	55%	8%	<b>18,8</b>	20%	16%	
	DM 3 jets	2	<b>22,4</b>	<b>21,9</b>	2%	<b>22,4</b>	52%	0%	<b>20,9</b>	14%	7%	
	TeamCo	1	<b>22,4</b>	<b>30,1</b>	34%	<b>28,9</b>	47%	29%	<b>26,3</b>	24%	17%	
	TeamCo	2	<b>22,4</b>	<b>21,5</b>	4%	<b>22,3</b>	43%	0%	<b>22,2</b>	29%	1%	
	Pro-Jet	1	<b>22,4</b>	<b>30,3</b>	35%	<b>19,2</b>	63%	14%	<b>20,2</b>	36%	10%	
	Pro-Jet	2	<b>22,4</b>	<b>20,7</b>	8%	<b>15,5</b>	75%	31%	<b>19,9</b>	21%	11%	
	Houle	1	<b>22,4</b>	<b>33,0</b>	47%	<b>27,3</b>	48%	22%	<b>26,2</b>	25%	17%	
	Aspersion basse	1	<b>22,4</b>	<b>20,9</b>	7%	<b>15,2</b>	50%	32%	<b>17,3</b>	22%	23%	
	Aspersion basse	2	<b>22,4</b>	<b>19,7</b>	12%	<b>13,7</b>	52%	39%	<b>16,2</b>	11%	28%	

¶ É.A.: écart absolu entre la dose visée (22,4 m3/ha) et la dose mesurée divisé par la dose visée.

Les doses moyennes mesurées avec les bacs dans le dispositif de mesure latérale sont quelque peu plus faibles et plus variables que celles mesurées à partir du parcours, variant de 13,7 (aspersion basse au site C) à 33,6 m<sup>3</sup>/ha (rampe DM à 4 jets au site C). Les doses moyennes mesurées avec les tissus absorbants sous le passage des roues des équipements sont quand à elles souvent plus stables et plus proches de la dose visée de 22,4 m<sup>3</sup>/ha. En revanche, des faibles doses de 11,2 et 12,4 m<sup>3</sup>/ha ont été mesurées avec les tissus absorbants sous le passage des roues de l'aéroaspersion basse réalisée avec la rampe Teamco au site B. Le jet d'aéroaspersion produisait davantage de lisier sur les extrémités latérales du patron d'épandage et les tissus n'étaient pas présents à ces endroits.

La Figure 25 rapporte les corrélations entre les doses calculées sur les parcours et celles mesurées à l'aide des bacs et des tissus absorbants. Mise à part quelques valeurs (une donnée élevée de 33,6 m<sup>3</sup>/ha mesurée avec les bacs comparativement à celle de 22,4 m<sup>3</sup>/ha calculée à partir du parcours de la rampe DM à 4 jets au site C), les valeurs des bacs sont bien corrélées à celles des doses mesurées sur les parcours. Les doses calculées sous les roues des équipements avec les tissus absorbants sont quant à elles incomplètes, car les tissus n'étaient pas installés sur la largeur complète des patrons.

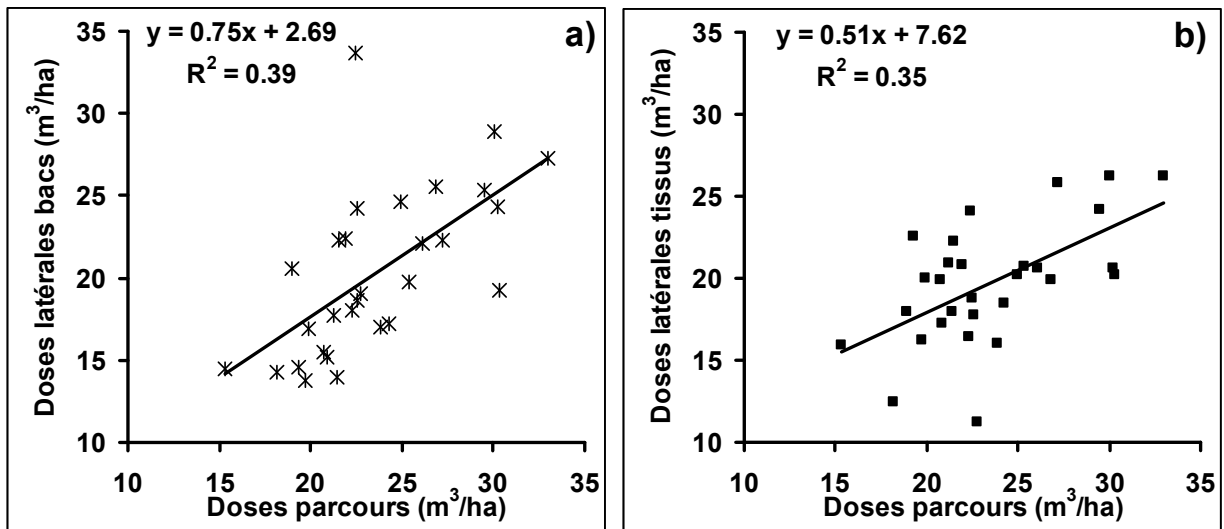


Figure 25 : Corrélation entre les doses calculées sur les parcours et celles mesurées à l'aide a) des bacs et b) des tissus.

Le Tableau 13 rapporte quelques statistiques sur le nombre d'essais réalisés avec les équipements, les doses moyennes calculées (parcours, bacs et tissus) et les écarts absolus moyens calculés pour les différents équipements essayés. Les coefficients de variation moyens mesurés entre les bacs et entre les tissus pour chaque rampe sont également rapportés.

En termes d'écart absolu moyen par rapport à la dose visée, aucune rampe ou équipement n'a été plus performant qu'un autre, en considérant toutes les méthodes de mesures essayées. Par exemple, l'aéroaspersion basse et la rampe DM semblent avoir été performantes en considérant

la dose calculée sur le parcours (écarts absolus moyens de 8 et 9% respectivement), mais en considérant les doses moyennes calculées à l'aide des bacs, ces équipements étaient les moins performants (écarts absolus moyens de 28 et 23% respectivement). En revanche, les doses moyennes calculées sur les tissus absorbants sous les roues des équipements sont en moyenne plus proches de la dose visée sauf pour l'aéroaspersion basse qui rappelle le avait un patron moins uniforme au site B.

**Tableau 13 : Doses moyennes appliquées (parcours, bacs et tissus absorbants) par les différents équipements d'épandage et écart absolu moyen entre la dose calculée sur le parcours et la dose visée de 22,4 m<sup>3</sup>/ha.**

Rampe	n	Dose parcours		Dose latérale bacs			Dose latérale tissus		
		(m <sup>3</sup> /ha)	É.A. <sup>¶</sup>	(m <sup>3</sup> /ha)	C.V.	É.A. <sup>¶</sup>	(m <sup>3</sup> /ha)	C.V.	É.A. <sup>¶</sup>
Houle	5	26.6	19%	22.2	48%	15%	20.6	20%	15%
Pro-Jet	4	24.1	17%	17.8	60%	20%	20.2	29%	10%
Teamco	6	25.3	21%	22.2	50%	18%	22.8	30%	7%
Jamesway	2	24.3	13%	18.1	52%	19%	21.9	22%	18%
Maddington	2	21.9	13%	22.6	48%	9%	19.1	21%	15%
DM	4	20.6	9%	23.7	56%	23%	19.9	20%	15%
Aspersion basse	6	21,3	8%	16,2	58%	28%	14,9	14%	33%

#### 2.3.4. Uniformité latérale de la dose appliquée

Les Figure 26 à Figure 40 rapportent les patrons d'épandage mesurés dans le dispositif de mesure latérale avec les bacs (losanges noirs) et avec les tissus absorbants (carrés vides). De manière générale, les tissus absorbants permettent de mesurer efficacement les doses épandues sous les roues des épandeurs. Aucune trace de lisier ne semblait s'égoutter des tissus lors des mesures et les lisiers épandus sur les tissus avaient davantage tendance à s'imbiber qu'à ruisseler sur les tissus. Les tissus étant plus larges que les bacs, ils permettent de mieux intégrer la variabilité latérale. Ainsi, le patron démarqué par les tissus est plus aplani et moins en dents de scie qu'avec les bacs. Par contre, les bacs permettent de mesurer les doses avec une résolution plus grande. Les rampes qui propulsent davantage les lisiers en mottes que l'aéroaspersion basse, produisent davantage des patrons en dents de scies perceptibles à l'échelle des bacs (15 cm). Toutefois, à cette échelle, l'imprécision de la répartition des doses de lisiers n'a pas nécessairement d'effet sur la croissance des plantes.

À une plus petite échelle de résolution (1m par exemple), les écarts de dose auront un plus grand effet sur les cultures. Ainsi, si de larges bandes sont sur-fertilisées et d'autres sous-fertilisées, les cultures ne pourront croître de façon uniforme, puisque ces écarts de fertilité seront au-delà de leurs zones d'influence racinaire (>1m). En recalculant, les doses moyennes dans les bacs sur une échelle de 1m, il devient possible de discriminer les passages des équipements qui produisent les CV les plus élevés à cette échelle. Parmi ces passages, notons celui du premier passage de l'aéroaspersion basse avec la rampe Teamco (rep 1 site B) qui ressort toujours avec un CV des plus élevés (Tableau 14).

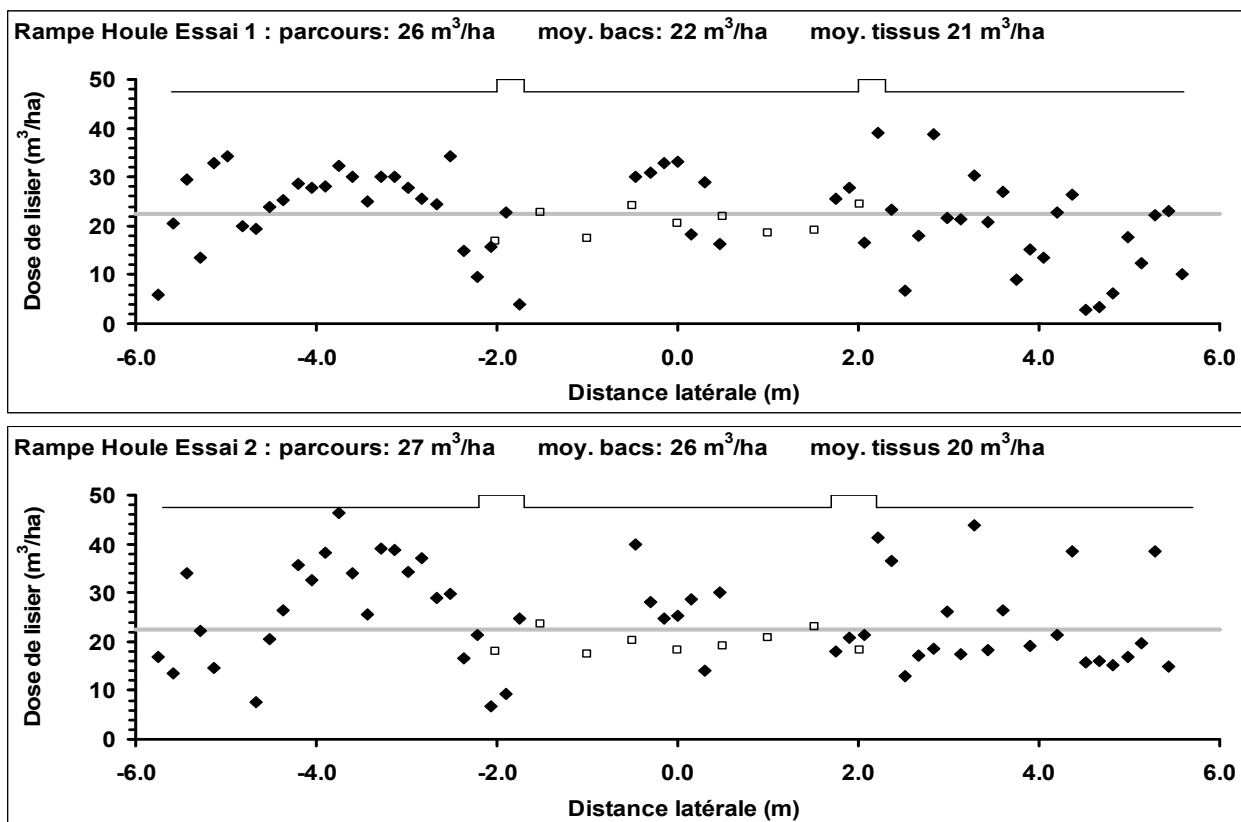


Figure 26 : Essais 1 et 2 de la rampe Houle au site A.

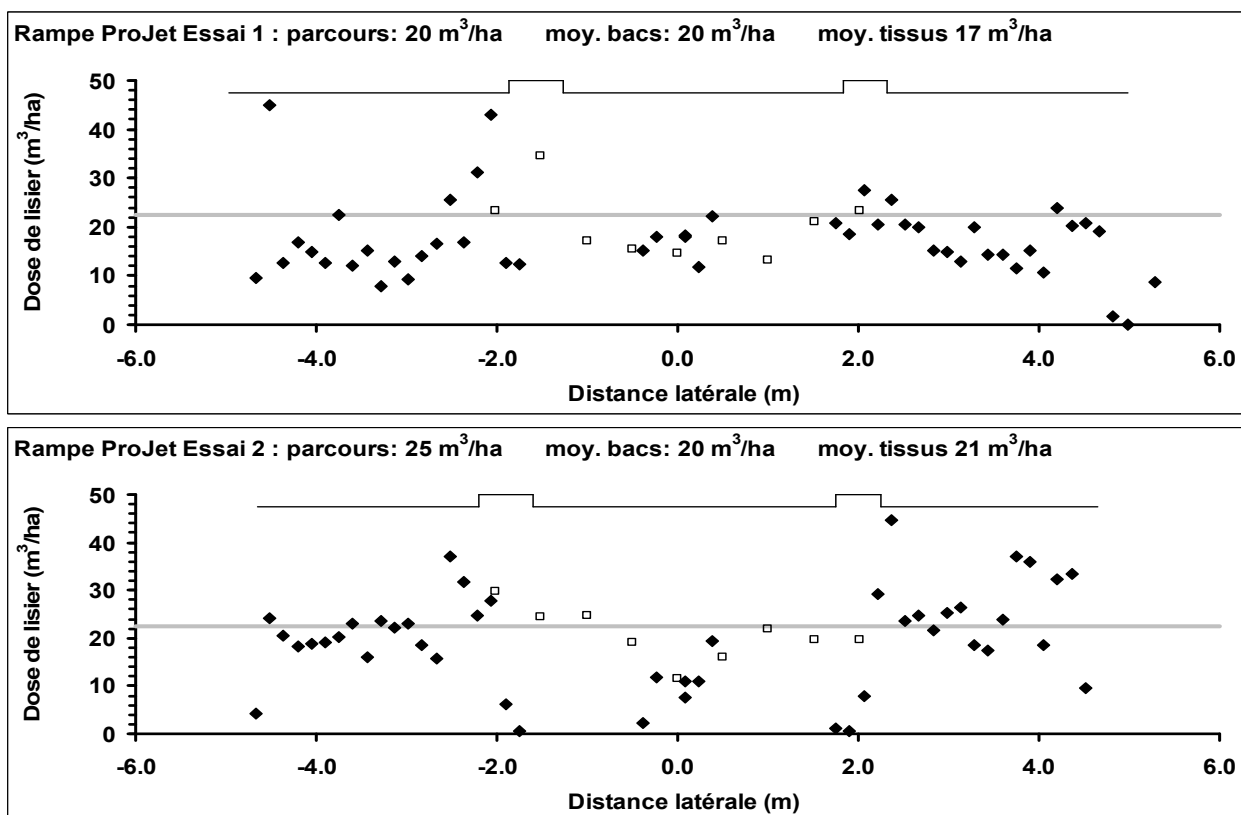


Figure 27 : Essais 1 et 2 de la rampe Pro-Jet au site A.

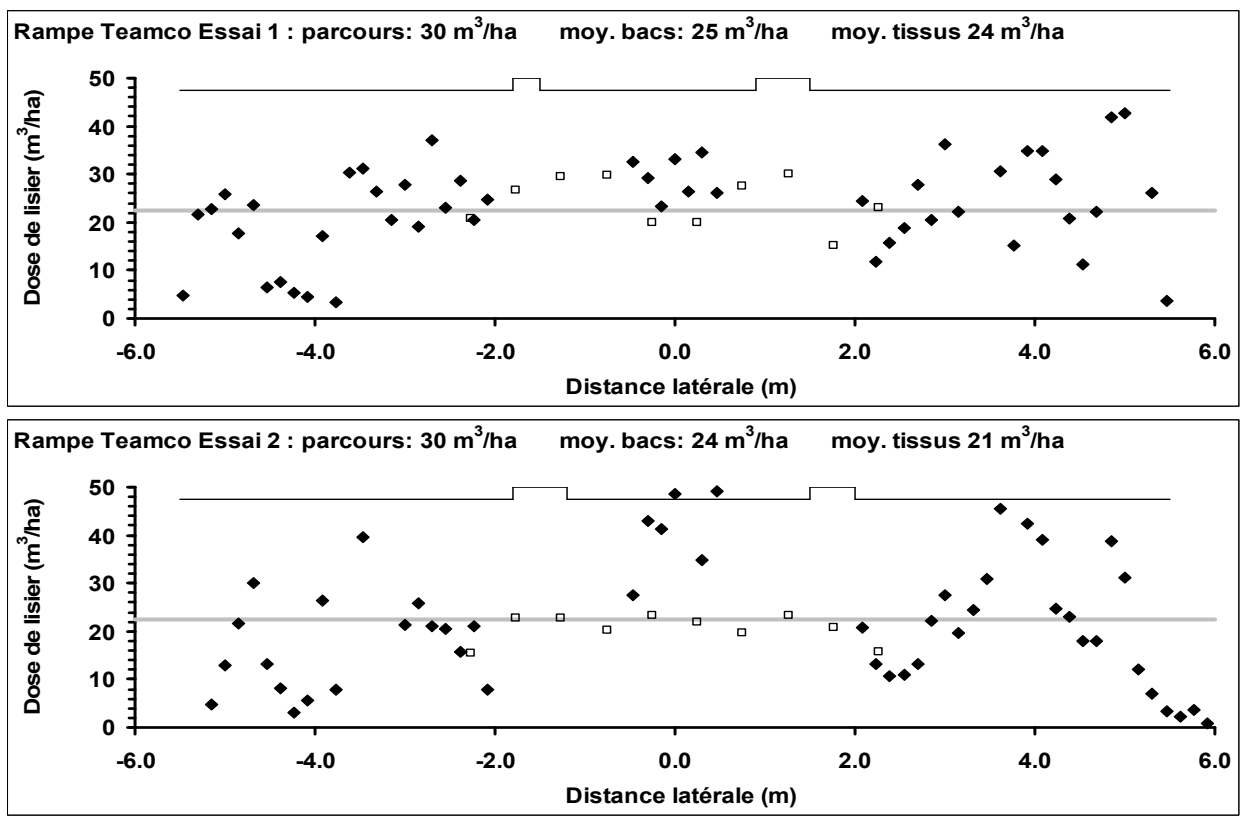


Figure 28 : Essais 1 et 2 de la rampe Teamco au site A.

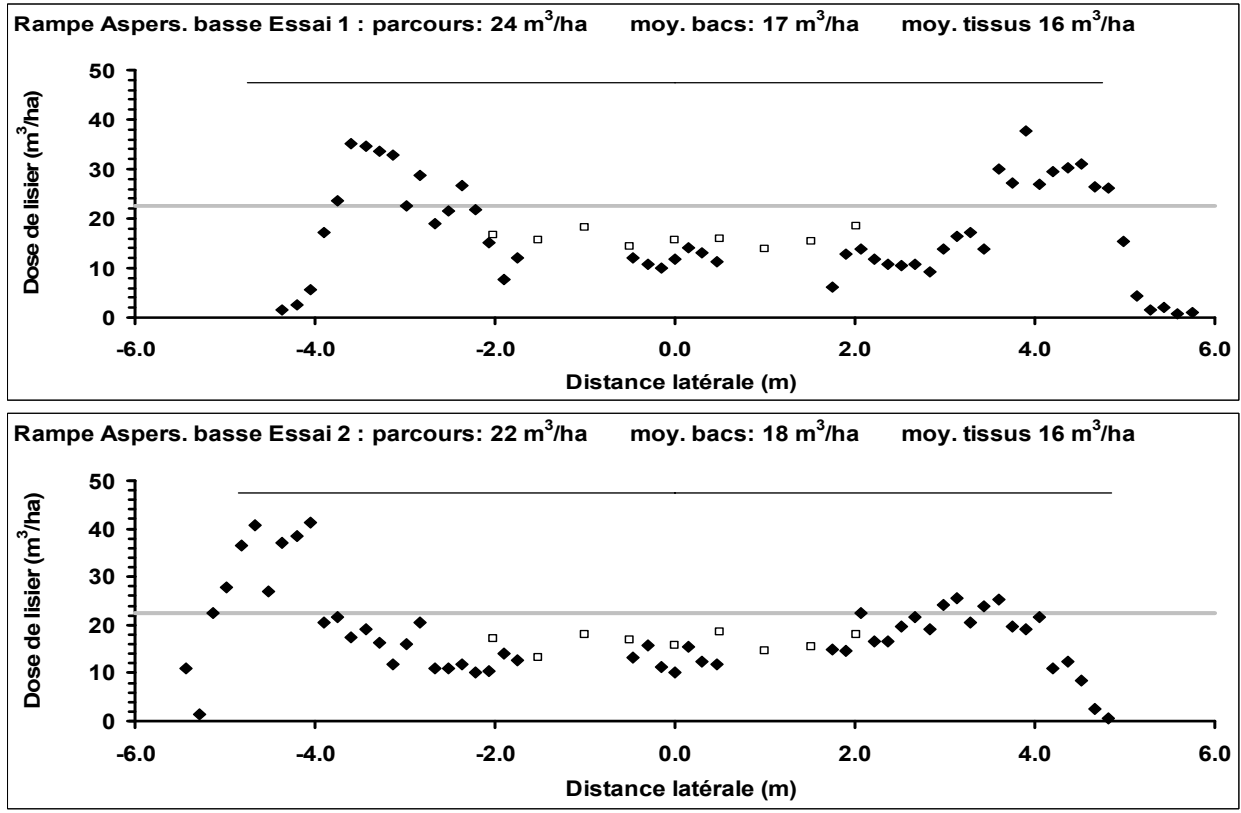


Figure 29 : Essais 1 et 2 de l'aéroaspersion basse au site A.

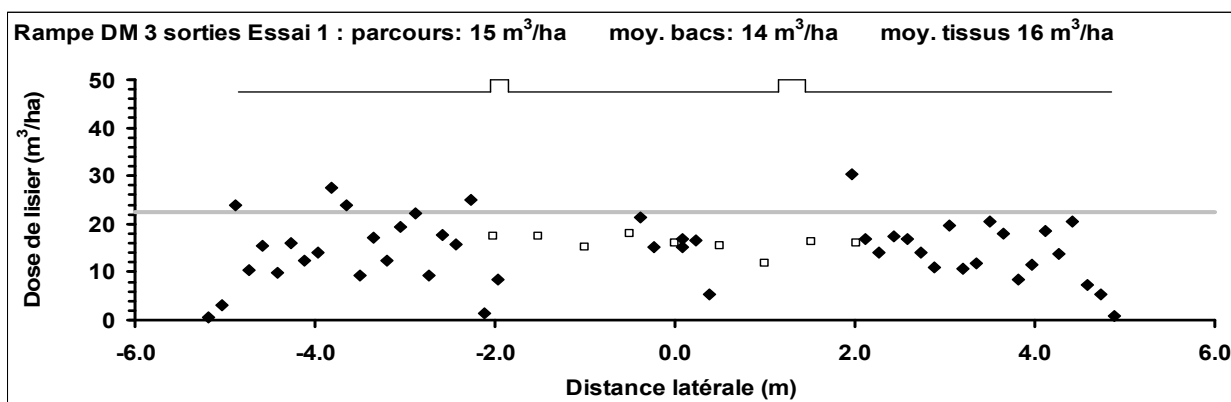


Figure 30 : Essai 1 de la rampe DM au site A.

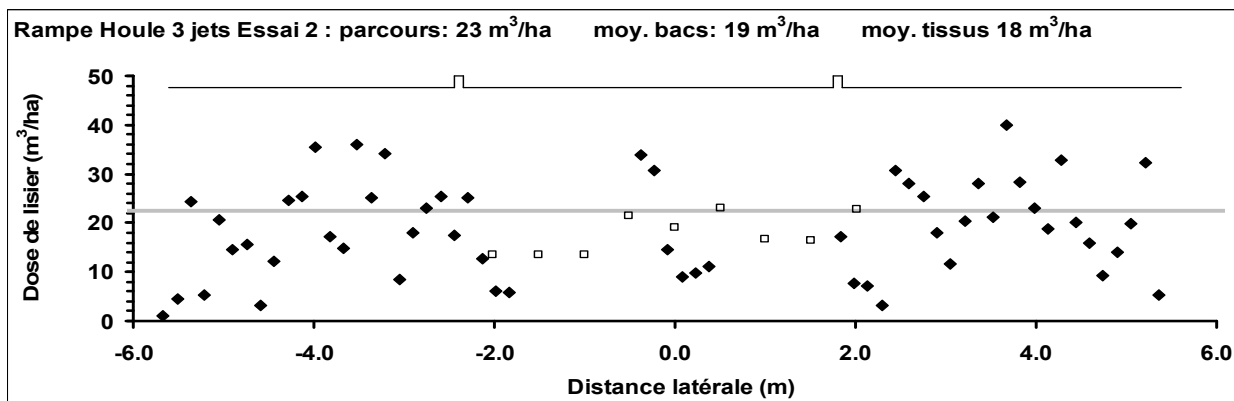
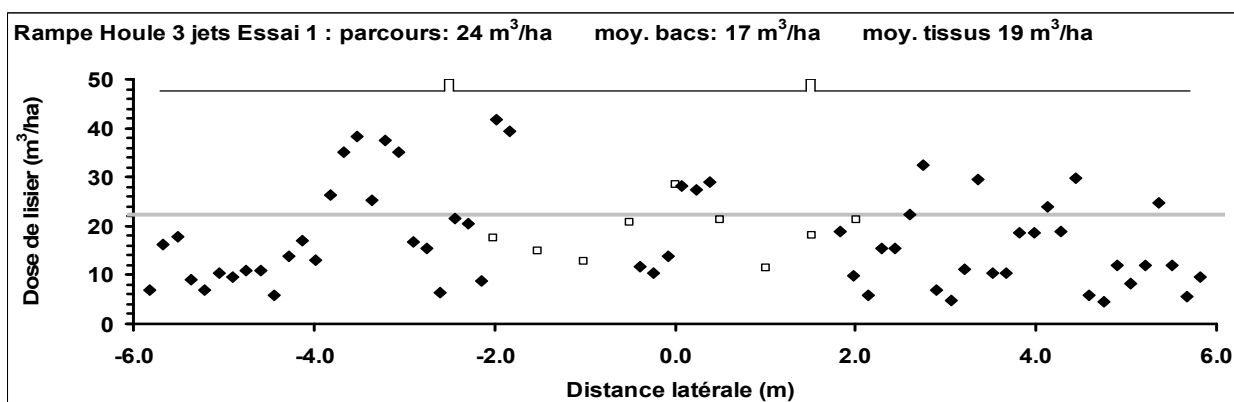


Figure 31 : Essais 1 et 2 de la rampe Houle au site B.

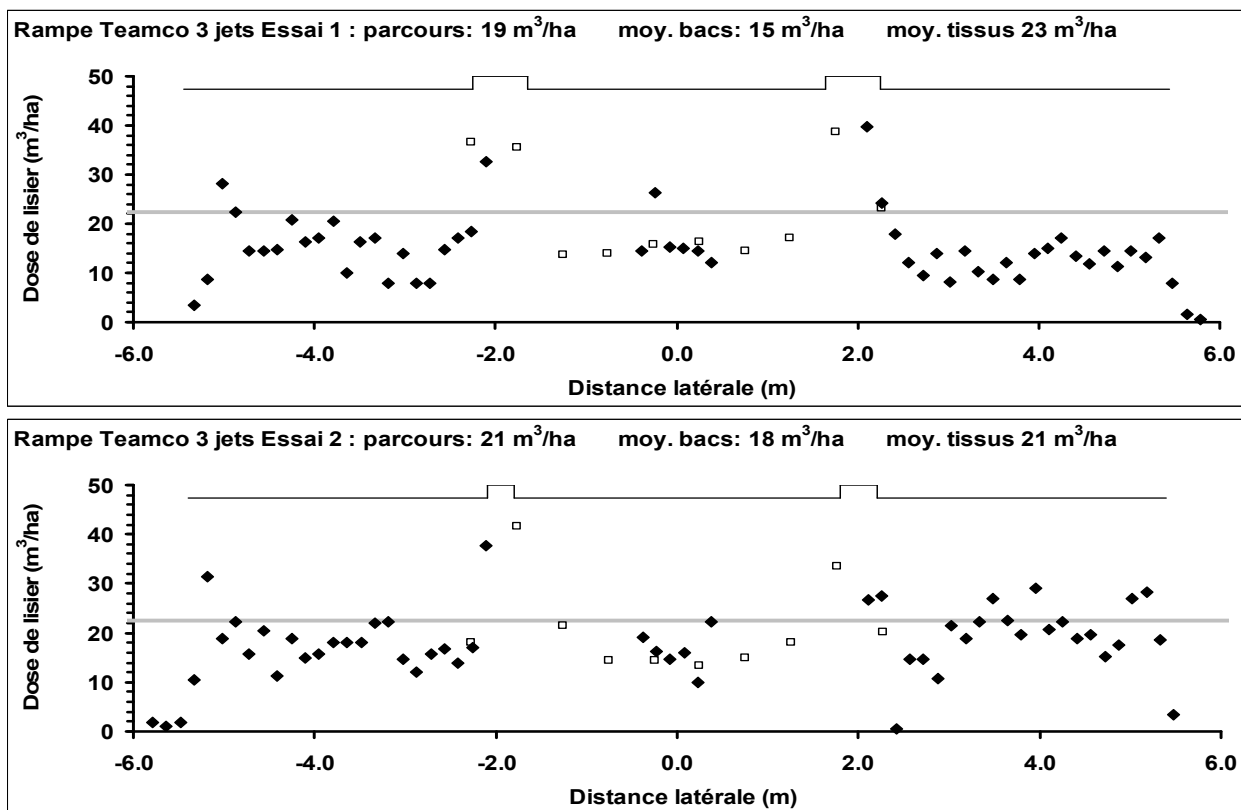


Figure 32 : Essais 1 et 2 de la rampe Teamco au site B.

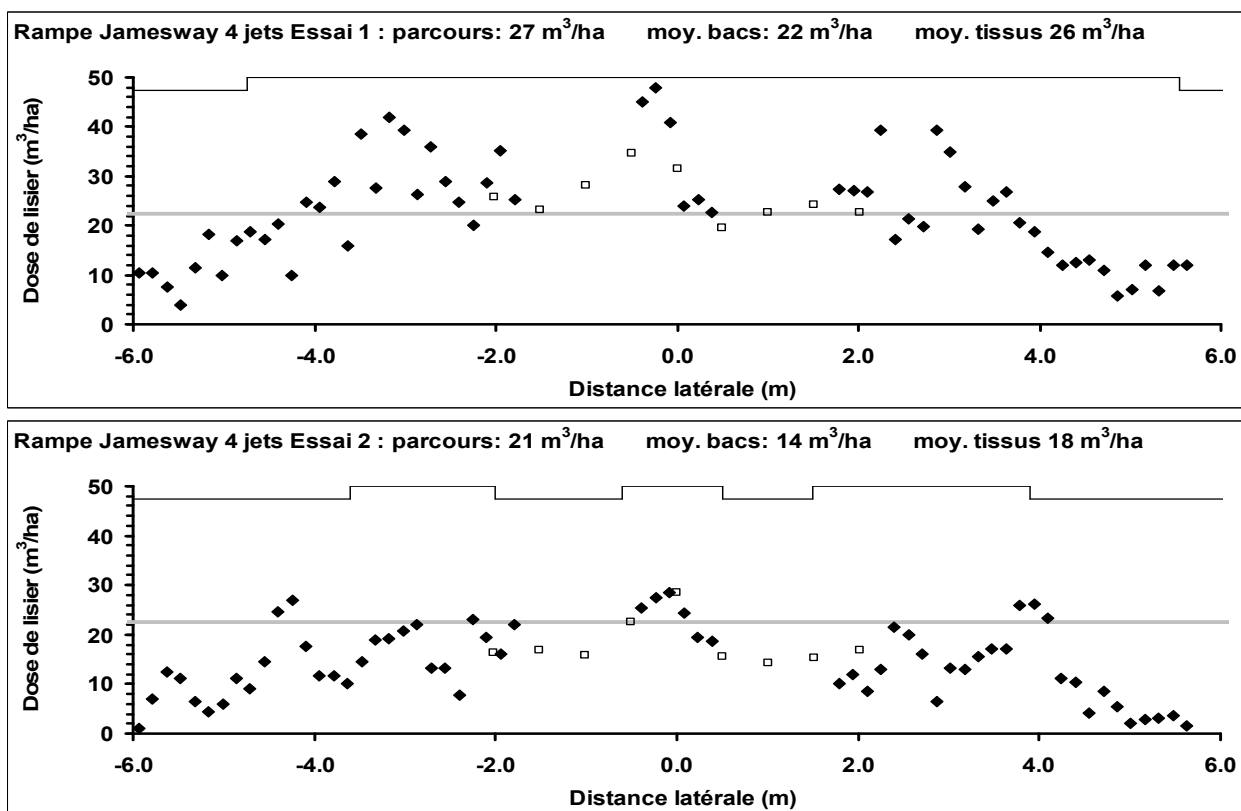


Figure 33 : Essais 1 et 2 de la rampe Jamesway au site B.



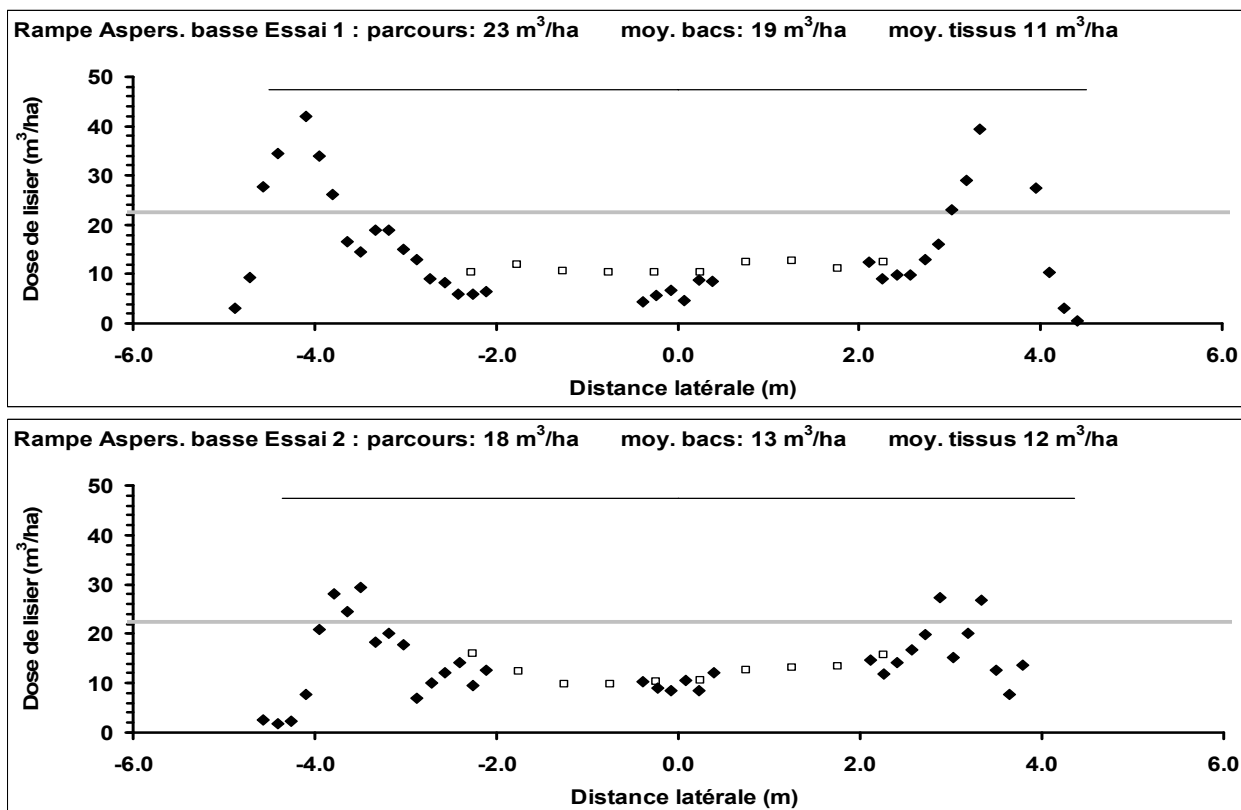


Figure 34 : Essais 1 et 2 de l'aéroaspersion basse au site B.

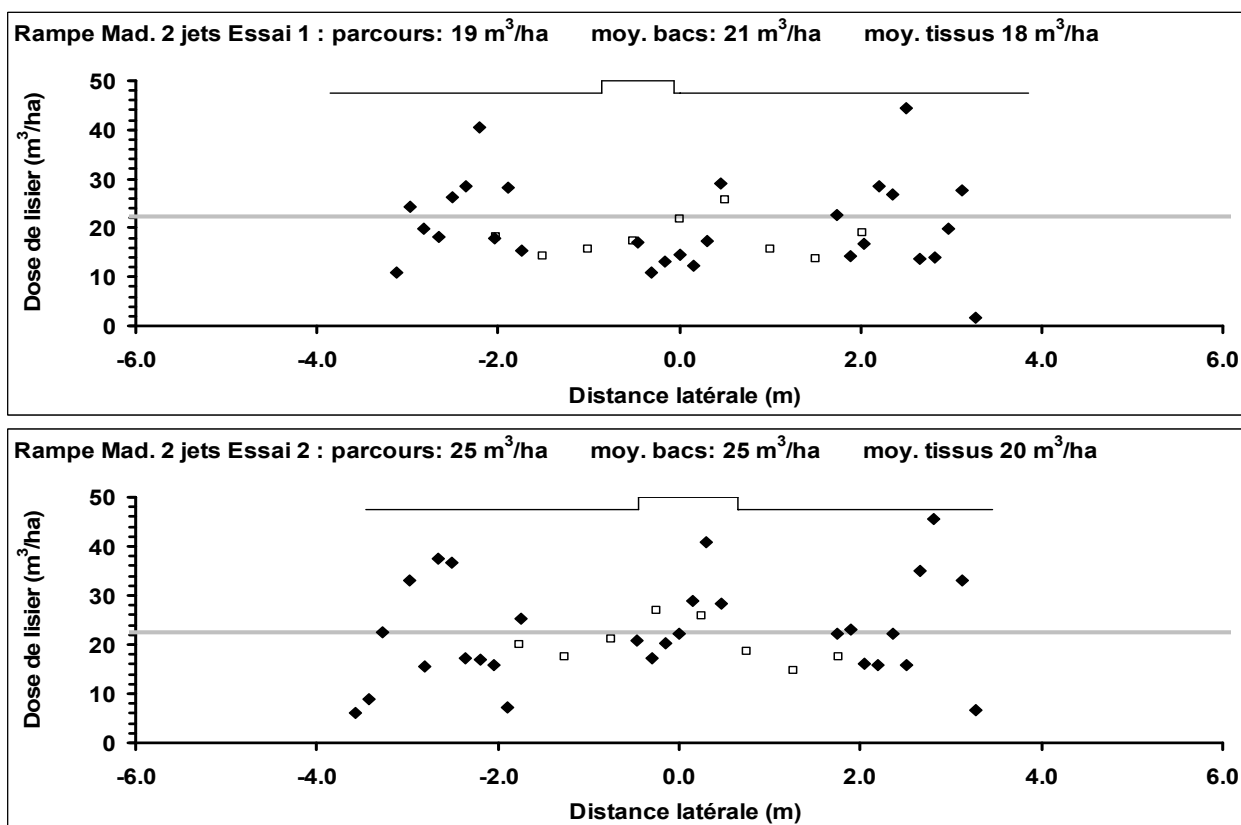


Figure 35 : Essais 1 et 2 de la rampe Maddington au site C.

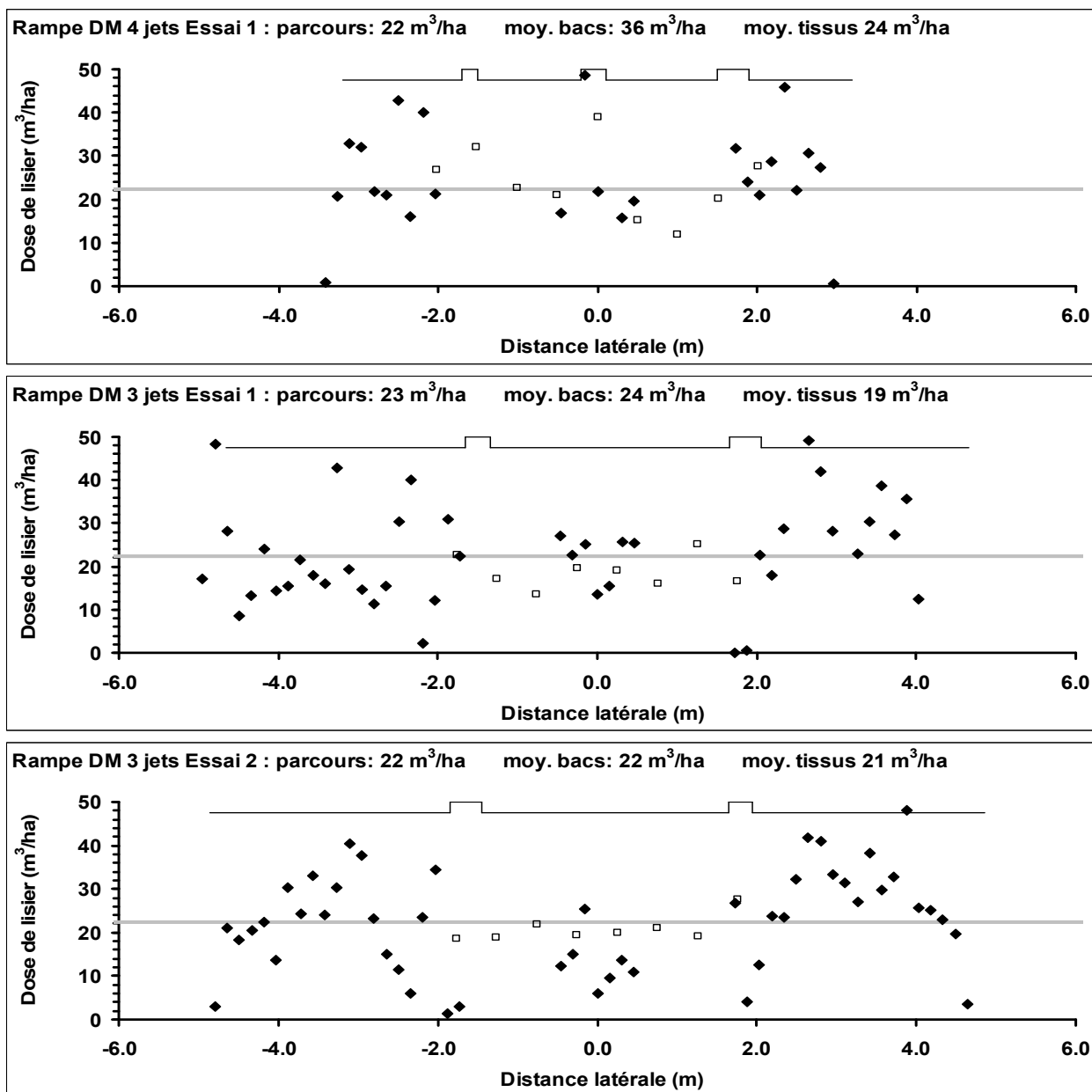


Figure 36 : Essai 1 de la rampe DM à 4 jets et essais 1 et 2 de la rampe DM à 3 jets au site C.

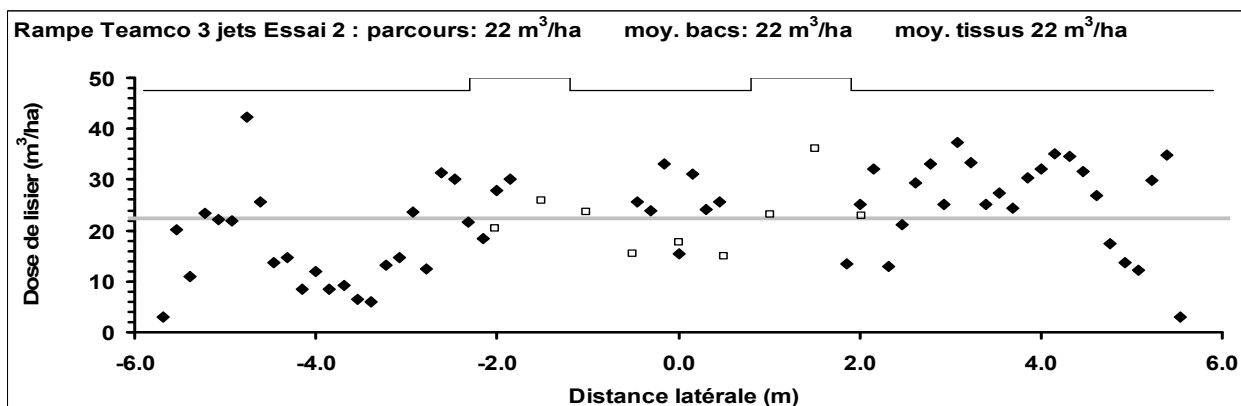
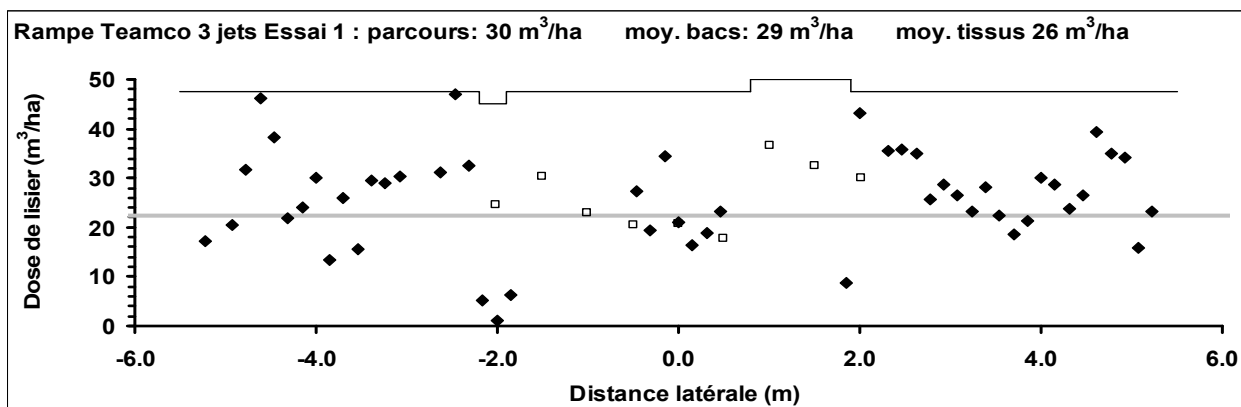


Figure 37 : Essais 1 et 2 de la rampe Teamco à 3 jets au site C.

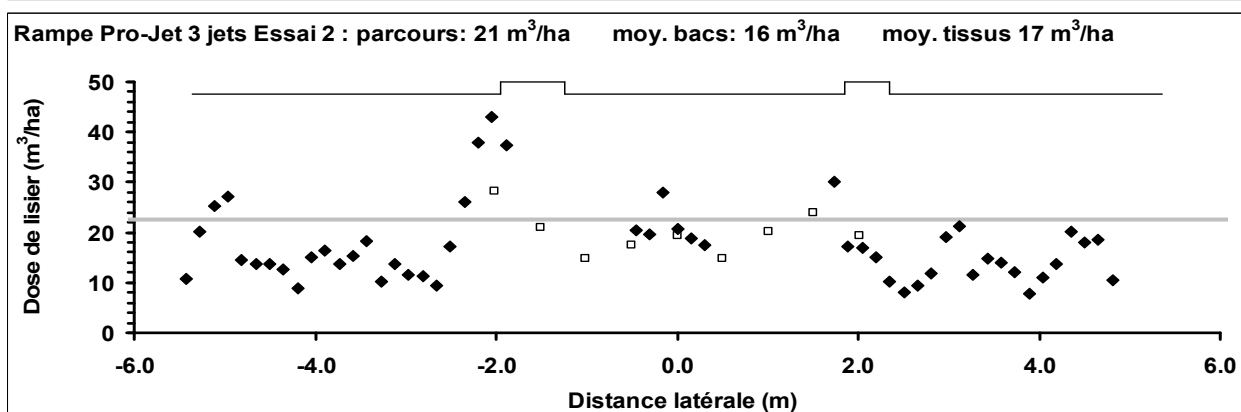
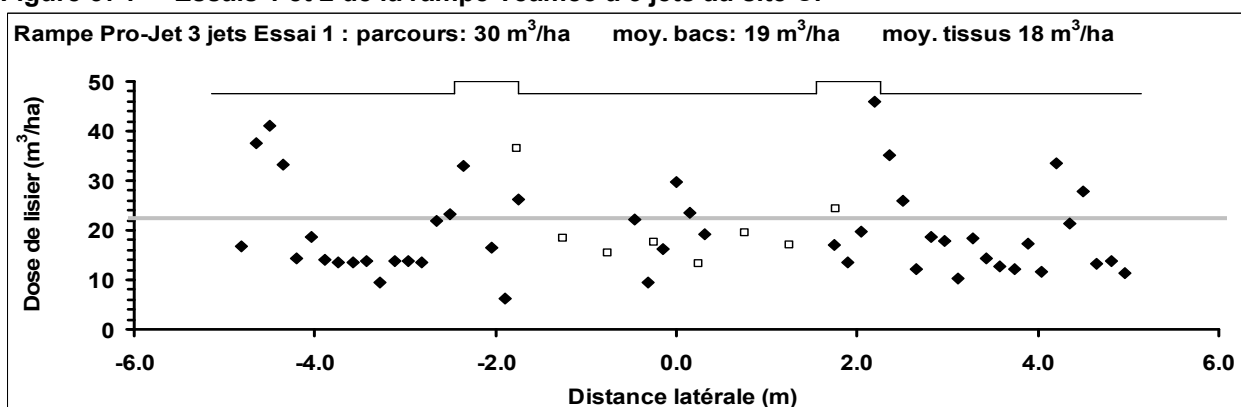


Figure 38 : Essais 1 et 2 de la rampe Pro-Jet à 3 jets au site C.

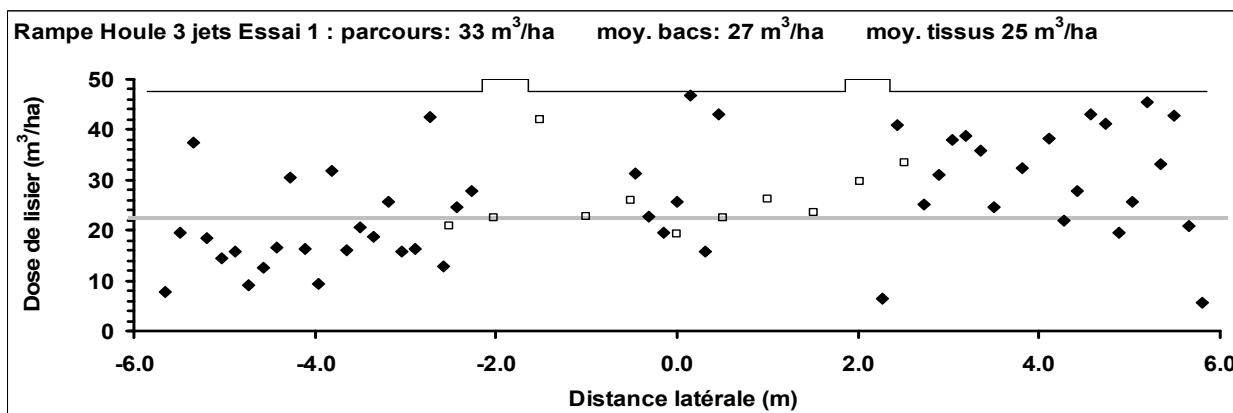


Figure 39 : Essai 1 de la rampe Houle à 3 jets au site C.

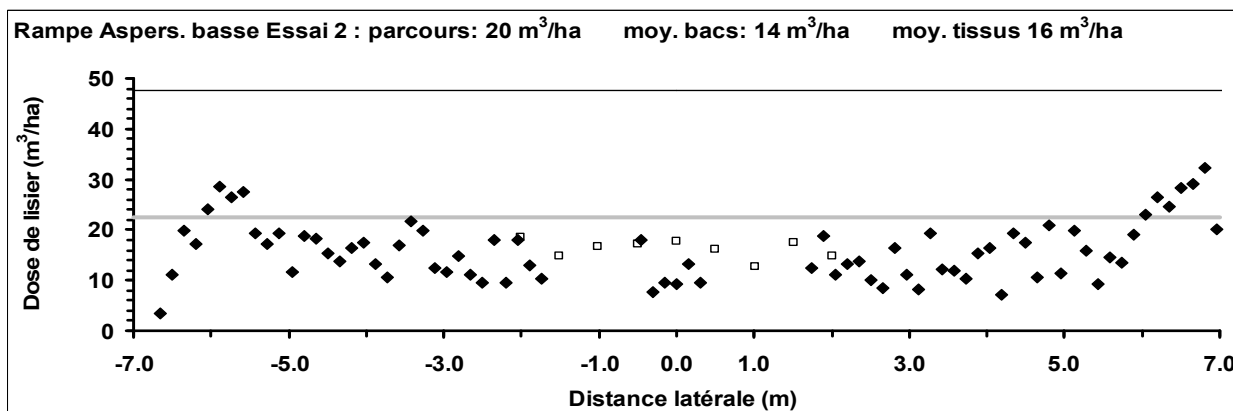
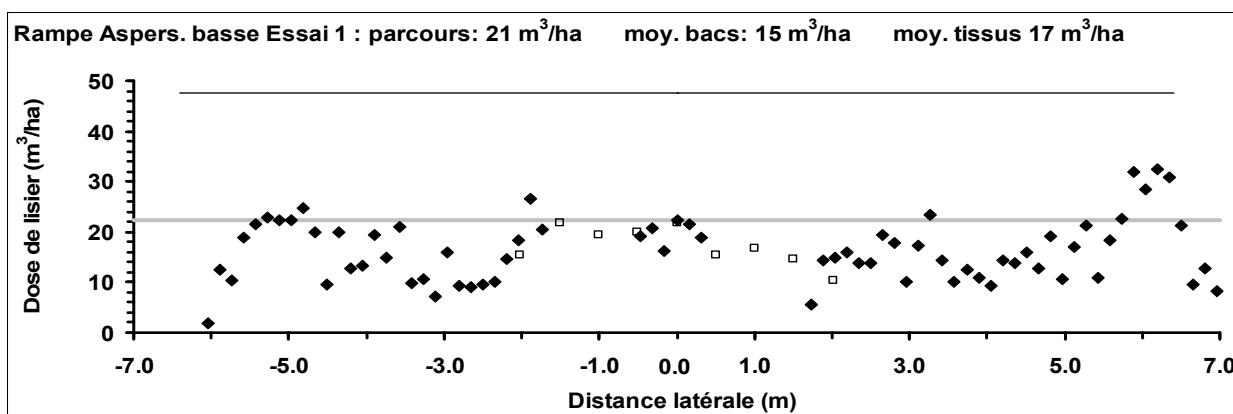


Figure 40 : Essais 1 et 2 de l'aéroaspersion basse au site C.

Lors du premier passage de l'aéroaspersion basse produite avec la rampe Teamco (rep 1, site B), de plus fortes doses ont été épandues aux extrémités du patron, en raison d'un mauvais réglage de l'assiette. Par contre, au deuxième passage de cet équipement, un meilleur réglage de l'assiette a produit un CV plus acceptable.

À peu près toutes les rampes et les équipements d'aéroaspersion basse ont produit tantôt des passages avec des CV élevés, tantôt plus faibles (Tableau 14). En considérant une plus petite échelle de résolution (1 m au lieu de 15 cm), seule la rampe Maddington à 2 jets et la rampe DM

à 3 jets ont produit lors d'un seul de leurs passages, des CV inférieurs à 10%. Ces équipements démontrent donc un certain potentiel pour accomplir des patrons d'épandage régulier, même supérieur à celui de l'aéroaspersion basse. En revanche, si ce critère est élevé à 20% de CV, sept passages de rampes auraient atteint ce critère (30% des passages), tandis que 33% des passages en aéroaspersion basse l'auraient atteint.

**Tableau 14 : Performance des équipements d'épandage en termes de blocage, de précision de la dose appliquée et de l'uniformité latérale obtenue aux 3 sites.**

Site	Rampe	Rép.	Blocage	Précision de la dose sur le parcours <sup>§</sup>		Uniformité de la dose latérale bacs (échelle de 1m)	
				É.A. <sup>¶</sup>	≤ 10%	CV	≤ 10%
A	Houle	1	Non	17%	Non	25%	Non
	Houle	2	Non	20%	Non	23%	Non
	Pro-Jet	1	Oui	11%	Non	27%	Non
	Pro-Jet	2	Oui	13%	Non	30%	Non
	TeamCo	1	Non	32%	Non	27%	Non
	TeamCo	2	Non	35%	Non	44%	Non
	Aspersion basse	1	Non	6%	Oui	36%	Non
	Aspersion basse	2	Non	0%	Oui	27%	Non
	DM 3 jets	1	Non	32%	Non	6%	Oui
B	Houle	1	Non	8%	Oui	31%	Non
	Houle	2	Non	1%	Oui	29%	Non
	TeamCo	1	Non	14%	Non	18%	Non
	TeamCo	2	Non	5%	Oui	16%	Non
	Jamesway	1	Non	21%	Non	40%	Non
	Jamesway	2	Non	4%	Oui	45%	Non
	Aspersion basse	1	Non	2%	Oui	56%	Non
	Aspersion basse	2	Non	19%	Non	25%	Non
C	Maddington	1	Non	15%	Non	17%	Non
	Maddington	2	Non	11%	Non	3%	Oui
	DM 4 jets	1	Non	0%	Oui	24%	Non
	DM 3 jets	1	Non	1%	Oui	20%	Non
	DM 3 jets	2	Non	2%	Oui	32%	Non
	TeamCo	1	Non	34%	Non	17%	Non
	TeamCo	2	Non	4%	Oui	28%	Non
	Pro-Jet	1	Non	35%	Non	21%	Non
	Pro-Jet	2	Non	8%	Oui	13%	Non
	Houle	1	Non	47%	Non	26%	Non
	Aspersion basse	1	Non	7%	Oui	14%	Non
	Aspersion basse	2	Non	12%	Non	11%	Non
	Moyenne rampe basse			9%	16%	39%	24%
Moyenne aéroaspersion basse			0%	8%	66%	28%	0%

§ La capacité à atteindre la dose visée selon la dose moyenne calculée à partir de la superficie d'épandage et du volume de lisier dans la citerne.

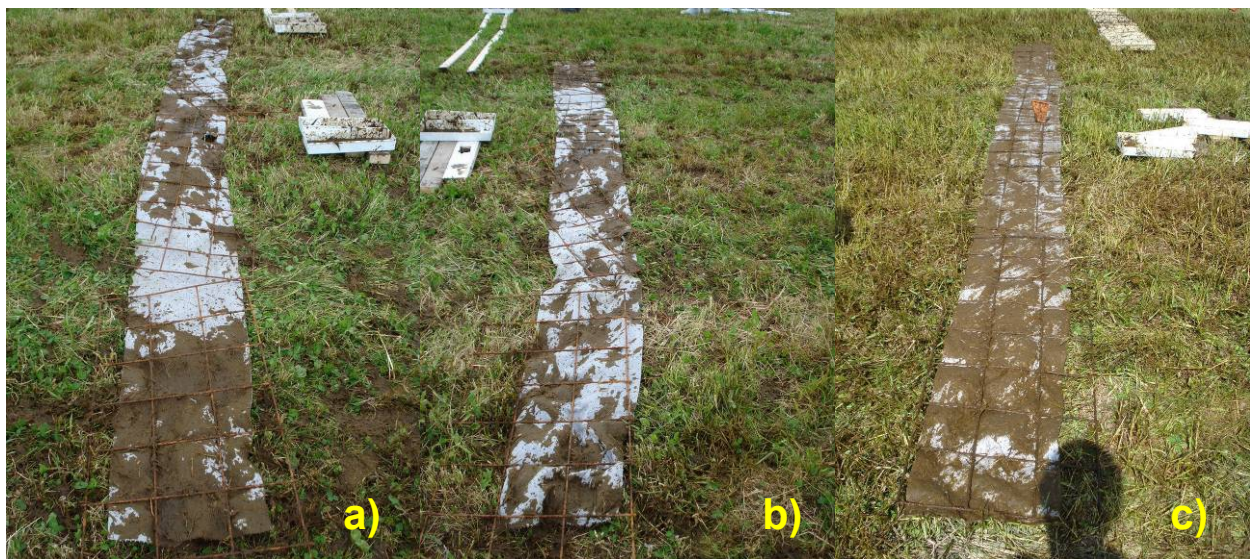
¶ É.A.: écart absolu entre la dose visée (22,4 m3/ha) et la dose mesurée divisé par la dose visée.

### 2.3.5. Performance générale des équipements d'épandage

Le Tableau 14 synthétise les performances générales des équipements d'épandage. Seules, les rampes d'épandage Pro-Jet ont produit des blocages avec des fibres de foin et de paille, portant

à 9% des passages de rampe qui ont connu des blocages, alors que l'aéroaspersion basse n'a jamais bloqué. La précision de la dose mesurée sur le parcours a été davantage atteinte avec l'aéroaspersion basse (66% des passages), alors que les rampes d'épandage l'ont atteinte seulement dans 39% des passages. L'uniformité latérale de la dose a été atteinte à un seuil inférieur à 10% dans seulement 9% des cas des rampes basses, alors qu'elle n'a jamais été atteinte avec l'aéroaspersion basse. En revanche, comme mentionné précédemment, si ce critère est élevé à 20% de CV, sept passages de rampes auraient atteint ce critère (30% des passages), tandis que 33% des passages en aéroaspersion basse l'auraient atteint.

L'uniformité des patrons d'épandage peut également être constatée de façon visuelle sur les tissus absorbants placés au sol. La Figure 41 illustre des cas types où il y a chevauchement des jets avec les rampes à la hauteur des roues des équipements (Figure 41a). Lorsque le lisier est plus consistant, celui-ci se dépose en mottes à la surface du sol avec les rampes (Figure 41b), tandis qu'avec la pression de l'aéroaspersion basse (Figure 41c), ce lisier est projeté en diagonale et se répand de façon plus uniforme sur la surface et même sous le feuillage des prairies.



**Figure 41 : Appréciation visuelle de l'uniformité des patrons d'épandage sous les roues des équipements avec a) et b) la rampe Houle et c) l'aéroaspersion basse.**

Notons en dernier lieu que l'ajustement des hauteurs de jets pour permettre un chevauchement idéal a été réalisé sous la supervision des fabricants. Malgré toute cette attention, des croisements trop importants ou des manques entre les jets ont été observés sur plusieurs des passages, parfois sur une partie du parcours seulement, mais indépendamment des types de rampes. Un opérateur seul aura d'autant plus de difficulté à s'assurer de meilleurs patrons d'épandage.

### 3. Conclusion sur les bancs d'essais

Ces bancs d'essais ont permis d'évaluer sous des conditions printanières, la faisabilité de l'épandage de lisier pailleux de bovins avec des rampes basses présentement disponibles sur le marché québécois en regard avec la précision, l'uniformité et l'efficacité. L'aéroaspersion basse était également incluse dans ces essais à titre de comparaison. Une pompe munie de couteaux-hachoirs a également fait l'objet d'une comparaison avec des pompes conventionnelles pour vérifier son efficacité à réduire la grosseur des fibres et faciliter l'utilisation des rampes.

- Précision de la dose sur le parcours

En ce qui concerne la précision de la dose appliquée sur l'ensemble du parcours, toutes les rampes ont été en mesure d'atteindre la dose visée à l'intérieur d'un écart acceptable au moins une fois durant leur passage. Cependant, en pratique, aucun équipement n'a atteint ce critère sur l'ensemble de ses essais. Cette précision serait reliée à des ajustements fins des vitesses d'avancement en fonction des largeurs d'épandage qui pourraient nécessiter plus d'un essai pour atteindre un seuil inférieur à 10% d'écart.

- Uniformité latérale de la dose

Au niveau de l'uniformité latérale à une échelle de 1m, certaines rampes telles la DM et la Maddington ont été capables d'atteindre des seuils d'uniformité inférieurs à 10%, alors que ce seuil n'a pas été atteint avec l'aéroaspersion basse. Si ce seuil était augmenté à 20%, plusieurs autres rampes, incluant cette fois-ci la Teamco et la Pro-Jet et même l'aéroaspersion basse, auraient été capables de l'atteindre au moins une fois. De façon visuelle par contre, les patrons d'épandage de lisiers épais sont beaucoup plus homogènes sous l'aéroaspersion basse que sous les rampes, en particulier lorsque les jets se chevauchent.

- Blocage des rampes

La rampe Pro-Jet a été la seule à connaître des blocages reliés à des fibres de foin et de paille sur un des sites. Sur un autre site, la rampe Pro-Jet a accusé d'importantes variations au niveau des pressions à la sortie, probablement en raison d'obstructions en amont du distributeur, reliées à des débris de films plastique.

Malgré les efforts investis pour faire des essais sur des fosses problématiques, les teneurs en matière sèche de 6 à 10 % n'étaient pas assez élevées pour présenter des risques de blocage pour la plupart des rampes, sauf la rampe Pro-Jet qui a connu des blocages à 8% de matière sèche.

- Brassage de la fosse avec une pompe-hachoir

Ce banc d'essai a aussi tenté de documenter les besoins en énergie nécessaire pour brasser des fosses avec des amas de fumiers sous des montées d'écureur contenant à la fois de la paille et du foin de balles rondes. Ces fosses ont requis au minimum 5 heures de brassage avec des équipements récents et bien dimensionnés. L'utilisation d'une pompe munie de couteaux-hachoirs n'a pas amélioré de façon substantielle la condition des lisiers. Par ailleurs, son

---

efficacité de brassage était moindre probablement en raison des quantités trop importantes d'eau présentes dans la fosse.

- L'aéroaspersion basse

Ces essais incluaient l'aéroaspersion basse qui servait de témoin. À l'inverse des résultats obtenus lors des derniers essais à l'automne 2006, la précision de la dose appliquée sur le parcours avec l'aéroaspersion basse était meilleure que celle démontrée par les rampes d'épandage. Toutefois, comme mentionné précédemment, cette précision dépend de l'effort déployé pour ajuster les vitesses d'avancement des équipements et dans une moindre mesure de la capacité des équipements à épandre à des faibles doses. Au niveau de l'uniformité latérale, bien que certaines rampes (DM et Maddington) aient réussi à atteindre des seuils d'uniformité inférieurs à l'aéroaspersion basse ( $\leq 10\%$ ), cette dernière a quand même bien performé avec des CV inférieurs à 20% lors de 2 passages sur 6.

- Portée des essais

Ces essais ne peuvent prétendre représenter toutes les situations de difficulté rencontrées au Québec avec les rampes au moment de l'épandage de lisiers chargés en paille et en refus de foin, sans oublier l'importance des volumes d'eau présents, le gel des amas dans la fosse encore en juin, etc. Toutefois, ces essais viennent augmenter le nombre d'essais qui permettent de constater qu'il est possible d'épandre avec des rampes d'épandage présentement disponibles sur le marché québécois, des lisiers très pailleux si la fosse est préalablement bien brassée, jusqu'à l'obtention d'un lisier homogène dont les fibres ont été raccourcies. En revanche, dans le cas des lisiers pailleux à teneur élevée en matière sèche, l'aéroaspersion basse peut présenter certains avantages en termes d'uniformité d'épandage.



## OBSERVATIONS SUR L'AÉROASPERSION BASSE DANS DES CONDITIONS DE LISIERS PAILLEUX

Au cours de suivis et d'essais réalisés à la ferme en 2006 et en 2007, nous avons observé des épandages réalisés à l'aéroaspersion basse dans des conditions de lisiers pailleux. En général, lorsque les lisiers ont une teneur relativement élevée en matière sèche (plus de 7% de MS) et sont bien homogénéisés avant leur épandage, l'aéroaspersion basse est relativement bien contrôlée en termes de largeur latérale de l'épandage et de dérive produite. La largeur latérale d'épandage est souvent équivalente à celle des rampes basses, variant de 10 à 13 m de large selon la hauteur des jets et les pressions générées par la pompe, selon le régime de la prise de force (540 ou 1000 tpm). Cette largeur est aussi relativement uniforme sur la longueur du parcours, comparable à celles produites avec les rampes basses. Par ailleurs, lorsque la consistance des lisiers est très épaisse, avec un contenu élevé en matière sèche bien homogénéisé (>8%), très peu de dérives et de bruines sont produites à la sortie des jets et au sol (Figure 42).



Figure 42 : Images d'épandage de lisier à contenu élevé en matière sèche réalisé avec l'aéroaspersion basse.

Par contre, lorsque les lisiers sont plus clairs comme dans le cas des purins de fosses à fumier, les dérives peuvent être importantes (Figure 43). Même dans un lisier de 5,5% de matière sèche (site B dans les bancs d'essai), la dérive créée par l'aéroaspersion basse était quelque peu perceptible (Figure 14). En considérant ces problèmes de bruines et de dérives, l'utilisation des rampes d'épandage semble procurer davantage de gains environnementaux avec les lisiers clairs plutôt qu'avec les lisiers plus épais. Dans nos essais, les gains environnementaux prévus avec les rampes d'épandage dans les lisiers plus épais semblent relativement mitigés. Même dans le cas des lisiers clairs présentant peu de risques d'obstruction des conduites, les rampes d'épandage devraient faire place aux rampes à pendillards ou à des systèmes plus performants que les rampes d'épandage pour lisier de bovins. Par exemple, l'utilisation de rampes à pendillards pour épandre le lisier de porc sur des prairies réduit significativement la volatilisation d'ammoniac par rapport à des épandages avec la rampe basse munie d'assiettes déflectrices (Côté et al, 2007). Les producteurs optent souvent pour la rampe à lisier de bovins en raison de la largeur d'épandage plus importante que celles des rampes à pendillards. Aussi les risques d'obstructions sont plus faibles avec ces rampes comparativement aux rampes à pendillards, même dans le lisier de porc.



**Figure 43 :** Images d'épandage de lisiers clairs réalisés avec l'aéroaspersion basse.

Or les purins de bovins épandus à l'aéroaspersion basse contiennent à la fois de grandes quantités d'eau et des quantités importantes de pailles non-hachées qui flottent à la surface des lisiers dans la fosse, ainsi que dans la citerne. Les images présentées à la Figure 43 et à la Figure 44 présentent un tel cas de purin présent dans une fosse à fumier qui a été pompé et épandu à l'aéroaspersion basse. La quantité de paille qui flotte à la surface de la citerne est telle que lors de la fin de sa vidange, cette paille a même obstrué la sortie de l'aéroaspersion basse. Cette paille représente donc un certain déficit pour le passage dans une rampe si elle n'est pas suffisamment hachée et homogénéisée dans le lisier, comme dans le cas d'une fosse gérée sous forme liquide au début de son brassage. Du même coup, si l'utilisation de l'aéroaspersion basse dans les lisiers épais ne semble pas augmenter les risques de dérive et la largeur d'épandage semble relativement bien contrôlée, une fosse mal brassée et pompée sans épaisir

le lisier risque de produire des lisiers trop clairs et sujets à la dérive. Les entrepreneurs sont les premiers à reconnaître l'importance de la dérive produite par l'aéropersion basse comparativement à l'épandage avec les rampes, même si la question leur est posée dans le contexte des lisiers pailleux (voir Sondage en page 18).



**Figure 44 :** Images de pailles flottant à la surface du lisier clair a) dans la fosse et b) dans la citerne d'épandage.

En conclusion, que ce soit pour épandre avec l'aéropersion basse ou avec les rampes d'épandage, les lisiers doivent être suffisamment brassés et homogénéisés pour épaissir le lisier afin de réduire la dérive ou pour réduire les risques de blocage. Différentes options pour le brassage et l'homogénéisation des lisiers sont toutefois à envisager, telles que discutées précédemment à la section sur le brassage en page 43. Par ailleurs, il est plus difficile de s'assurer du contrôle de la dérive avec l'aéropersion basse, puisque la consistance des lisiers est souvent imprévisible.

---

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette étude avait pour objectif d'évaluer la faisabilité de l'épandage de lisier pailleux de bovins avec des rampes basses présentement disponibles sur le marché québécois en regard avec la précision, l'uniformité et l'efficacité, sans toutefois aborder la question des odeurs. Dans un premier temps, un sondage a été administré auprès des entrepreneurs à forfait afin de connaître leur point de vue sur la performance des rampes. Dans un deuxième temps, des bancs d'essais ont été réalisés sous des conditions printanières tel que recommandé dans l'étude précédente. Ces essais ont également tenté de comparer les résultats obtenus avec les rampes d'épandage à ceux de l'aéroaspersion basse. Une pompe munie de couteaux-hachoirs a également fait l'objet d'une comparaison avec des pompes conventionnelles pour vérifier son efficacité à réduire la grosseur des fibres et faciliter l'utilisation des rampes.

- **Blocage des rampes**

L'épandage avec les rampes basses s'est avéré réalisable chez la plupart des producteurs chez qui nous avons réalisé des essais et des suivis. Dans les conditions les plus difficiles, la préparation préalable des lisiers peut avoir un impact majeur sur la performance de ces équipements. Bien qu'elle soit peut fréquente, l'obstruction de ces équipements peut à la fois se produire avec des lisiers clairs contenant des pailles flottant à la surface des lisiers ou en encore dans des lisiers ayant une teneur élevée en matière sèche, mais qui sont mal brassés et homogénéisés. D'autres conditions peuvent également faire échec à ces équipements d'épandage, comme la présence d'autres types de litière ou encore de corps étrangers dans la fosse. La réussite des conditions d'épandage repose donc au préalable sur une bonne gestion des lisiers dans la fosse. De toute évidence, le lisier doit être très bien brassé et homogénéisé de façon à réduire la grosseur des fibres et assurer leur passage dans les rampes d'épandage.

- **Précision et uniformité des doses appliquées**

En général, la précision de la dose sur l'ensemble du parcours peut être atteinte par l'ensemble des équipements (rampes ou aspersion basse) dans la mesure où les vitesses d'avancement sont bien contrôlées. Au niveau de l'uniformité latérale, certaines rampes telles la DM et la Maddington ont été capables d'atteindre des seuils d'uniformité inférieurs à 10%, alors que ce seuil n'a pas été atteint avec l'aéroaspersion basse. Si ce seuil est augmenté à 20%, plusieurs autres rampes, incluant cette fois-ci la Teamco et la Pro-Jet et même l'aéroaspersion basse, seraient capables de l'atteindre au moins une fois. De manière visuelle, les patrons d'épandage de lisiers épais semblent davantage uniformes sous l'aéroaspersion basse par rapport aux rampes d'épandage, particulièrement sous le chevauchement des jets.

- **Brassage des fosses**

Dans nos essais, le brassage a été réalisé avec des équipements récents et bien dimensionnés pour permettre de rapporter les coûts énergétiques liés à une telle opération. Ces coûts ne sont pas minimes si bien que plusieurs entrepreneurs à forfait en épandage hésiteraient à augmenter le temps de brassage comme moyen pour améliorer la performance des rampes d'épandage. Ces entrepreneurs qui sont pour la plupart des producteurs agricoles suggéreraient

d'abord de mieux gérer les corps étrangers ainsi que les refus de foin de balles rondes dans l'étable et dans la fosse, avant d'augmenter les temps de brassage. L'utilisation de pompes efficaces qui broient les fibres est aussi à envisager selon eux. Chez certains producteurs, des modifications aux pratiques actuelles ainsi que des investissements en équipements seront peut-être nécessaires pour obtenir ces conditions de réussite.

Dans ce rapport, quelques suggestions ont été faites sur la gestion préalable des fumiers, mais celles-ci dépassent le cadre du mandat de ce projet qui devait se concentrer sur les rampes d'épandage. Nous avons tout de même tenté de vérifier si l'utilisation d'une pompe munie de couteaux-hachoirs (la pompe Pro-Jet) permettait de mieux homogénéiser et de réduire la grosseur des fibres dans les lisiers. À la vue des résultats obtenus, il est difficile de conclure à une amélioration notable de l'homogénéisation des lisiers, du moins visuellement. Par ailleurs, les tentatives pour faire passer un tel type de lisier broyé dans des rampes plus contraignantes (rampes à lisier de porc, rampes Pro-Jet) se sont soldées par des échecs. Finalement, le contenu en eau dans les fosses que nous avons suivies ce printemps était souvent beaucoup plus élevé que prévu et dans un cas extrême, la pompe Pro-Jet a pris beaucoup de temps et d'énergie pour réussir à homogénéiser la fosse. Un bon contrôle des quantités d'eau présentes dans la fosse s'avère indispensable pour à la fois maximiser la performance des équipements qui brassent la fosse et pour éviter de voyager inutilement des volumes d'eau dans les champs. Il est toutefois difficile d'estimer les quantités d'eau présentes dans les fosses avant leur brassage.

- L'aéroaspersion basse

Il est tout aussi difficile de prévoir si le lisier sera suffisamment consistant pour cautionner l'usage de l'aéroaspersion basse, car cet équipement semble produire des résultats valables lorsque les lisiers sont consistants et homogénéisés et que le contenu en matière sèche est élevé (>8%). Les entrepreneurs à forfait sont par ailleurs les premiers à reconnaître les risques de dérive plus élevés, imputables à l'aéroaspersion basse par rapport aux rampes, même dans les lisiers de bovins. Toutefois, dans nos essais, lorsque les lisiers sont homogènes et que les teneurs en matière sèche sont élevées (>8%), la dérive et les bruines produites étaient en général très peu perceptibles. De même, les largeurs d'épandage sont aussi uniformes qu'avec les rampes et les patrons d'épandage sont tout aussi uniformes sinon mieux. Le seul problème demeure de pouvoir garantir une consistance suffisamment élevée aux lisiers pour éviter les problèmes de sur-pressurisation des liquides et la formation de dérive. D'ailleurs, toutes les fosses ont la capacité de produire des lisiers trop clairs pour l'aéroaspersion basse, en particulier lorsqu'elles sont mal brassées.

---

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Côté, D., M.O. Gasser, D. Massé, S. Pigeon et P. Rochette. 2006. Validation de nouvelles technologies d'épandage du lisier de porc pour les prairies. Rapport de la FPPQ. Projet CDAQ 1252. 72 p.

Clubs-conseils en agroenvironnement. 2005. *Équipements d'épandage et gestion des lisiers – caractérisation de 75 chantiers – saison 2004*. 8 pages.

Conseil des productions végétales du Québec. 1997. *Méthodes d'analyse des sols, des fumiers et des tissus végétaux*. CPVQ. AGDEX 533.

**ANNEXE 1.**  
**COPIE DU SONDAGE SUR L'EFFICACITÉ DES RAMPES D'ÉPANDAGE**  
**POUR LISIER DE BOVINS**