

PROGRAMME D'APPUI AU DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE ET DE L'AGROALIMENTAIRE EN RÉGION 2012-2013

VOLET 5 : APPUI À L'ADAPTATION ET AU DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL

Évaluation de la performance de récolte de foin en vrac (Rapport de projet)

Ferme Hengil SENC

Jocelyn Marceau ing., MAPAQ
Sharon Boisvert agr., MAPAQ

Décembre 2012

OBJECTIFS DU PROJET

L'objectif de ce projet est de mesurer la performance de récolte de foin sec manipulé en vrac et de comparer à la méthode la plus répandue au Québec qui consiste à faire des balles rondes enrubannées d'une pellicule de polyéthylène.

JUSTIFICATION DU PROJET

En Europe, plusieurs producteurs laitiers ont innové dans les méthodes de récolte et de séchage des fourrages. Comme au Québec, les conditions météorologiques des montagnes rendent difficile la récolte de fourrage de qualité. La technique proposée dans ce projet a été développée avec succès là-bas de sorte qu'aujourd'hui, des centaines de fermes l'ont adoptée.

La principale problématique au désintérêt des producteurs à faire du foin sec concerne les conditions météorologiques qui offrent très peu de possibilité d'obtenir 3 ou 4 jours consécutifs de beau temps propice à engranger du foin de qualité. De plus, il est difficile de trouver la main-d'œuvre pour effectuer la tâche. La technique proposée dans ce projet amène des solutions à plusieurs niveaux :

- Comme il est possible d'engranger du foin en 36-48 heures, la planification des chantiers de foin est plus facile et surtout moins stressante;
- Un chantier de foin peut se réaliser facilement avec seulement deux personnes et, à la limite, une personne;
- Le foin serait de qualité supérieure puisque l'exposition au soleil serait moindre (foin plus vert et plus appétant);
- Séchage sans apport d'énergie : réduction de GES¹;
- Solution agro-environnementale durable : moins d'énergie pour la récolte, séchage solaire en entrepôt, sans usage de plastique d'enrobage, etc.

Un groupe d'experts européens (SEGRAFO : Groupe technique sur le **SE**chage en **GR**ange des **FO**urrages) maintient de l'information de pointe sur le sujet. Cette nouvelle technique de récolte qui suppose la manutention de foin en vrac et un système de séchage solaire seront introduits à la Ferme Hengil au cours de l'été 2012. Il est en effet primordial d'introduire la technique sur une première ferme qui adopte l'ensemble de la technique, de recueillir des données d'opération et de parfaire la technique avant de la recommander à d'autres fermes.

La productivité d'un chantier de récolte s'avère très importante pour une entreprise laitière. Pour une petite ferme qui dispose de peu de main d'œuvre, l'opération de récolte de foin doit être compatible avec les autres tâches de la ferme, notamment, la traite. Cette méthode de récolte devrait être caractérisée par des fournées plus petites, mais plus nombreuses. La surface de séchage étant approximativement de 400 m², la quantité maximale journalière récoltée ne devrait pas excéder 40 tonnes (1 m de hauteur à la fois) sauf la première fournée au fond qui pourrait être de 1,5 à 2 m de hauteur. Ce projet permettra d'évaluer exhaustivement toutes les tâches nécessaires à la récolte de foin : de la fauche à la mise en place dans le séchoir et toutes autres manipulations liées à l'entreposage.

La gestion de foin en vrac présenterait plusieurs avantages, notamment la flexibilité de récolte. Comparativement aux balles rondes enrubannées qui nécessiteraient 3,7 heures de travail par hectare, l'approche de foin en vrac ne nécessiterait que 2,4 heures par hectare (Ségrafo, 2012). Ce projet devrait permettre de vérifier cette valeur. Ainsi, au cours de l'été 2012, l'information technique des récoltes sera

¹ Pour 29 exploitations similaires en France, ce mode de séchage sans fioul réduirait les émissions de l'ordre de 360 tonnes de CO₂, de 720 kg de SO₂ et de 250 kg de NO_x; Réf. : Le séchage solaire des fourrages, PRELUDE 2000-2006, Programme Régional de Lutte contre l'effet de serre et pour le Développement Durable.

recueillie. Aussi, pour chaque fournée de récolte, les données suivantes seront prélevées pour la première et la deuxième coupe.

DESCRIPTION DU PROJET

Le projet global porte essentiellement sur la performance de récolte. Pour chacune des fournées, toutes les opérations suivantes ont été compilées.

Au champ :

- Surface fauchée (hectare);
- Distance du champ au séchoir;
- Heure de la fauche;
- Temps requis au fauchage (minutes);
- Type de foin (graminées/légumineuses);
- Opération de fanage;
- Temps après la fauche;
- Heure de fanage;
- Durée de fanage (minutes);
- Opération de ratelage;
- Temps après la fauche;
- Heure de ratelage;
- Durée de ratelage (minutes);
- Récolte du foin;
- Temps après la fauche;
- Heure de la récolte;
- Temps requis de récolte (autochargeuse);
- Temps de transport;
- Volume récolté (m³);
- Teneur en eau initiale (% MS).

En Grange :

- Temps pour placer le foin dans le séchoir.

Les équipements de récolte utilisés sont les suivants :

	Marque	Spécifications
Faucheuse	Keverneland	10 pi et 6 po avec éparpilleur
Rateau	Hesston	13 pi 6 po –)
Faneur	Pottiger	4 toupies (fane 2 largeurs de faucheuse – 20 pi)
Presse	New Holland 640 silage spécial	alimenteur de 6 pi - Diam 56 po
Autochargeuse	Pottiger europrofit 50	50 m ³ - 31,3 m ³ réel
Griffe	Steppa palfinger hdk 8012	500 kg @ 11,6 m

La faucheuse et l'autochargeuse étaient tractées avec un CASE MAXXUM 115 Value (95 HP au PTO). Le rateau et le faneur étaient tractés avec un 60 HP.

Pour simplifier l'interprétation des résultats, le temps des opérations des opérations ont toutes été recueillies séparément, même si certaines étaient réalisées simultanément. Par exemple, l'autochargement du foin vrac et le transfert du foin à la cellule ont pu à l'occasion, être réalisées par deux opérateurs en même temps. En d'autres termes, le transport et l'enrobage des balles sont réalisés par une seule personne et il en est de même pour la récolte du foin en vrac où les temps des chargements et du déchargement sont additionnés.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les informations ont été compilées sur la base de surface récoltée et de tonnage estimé. Pour les balles rondes, on a considéré 323² kg de MS par balle et pour l'autochargeuse, 2 147 kg par chargement (voir courbe de régression en annexe). Dans les deux cas, ces valeurs n'ont pu être validées par des mesures précises. Elles sont présentées à titre indicatif, mais constituent tout de même une bonne approximation.

La distance des champs a été prise en considération. Pour faciliter l'interprétation, une pondération journalière a été calculée (i.e. : $\sum \text{Distance du champ} \times \text{surface du champ} / \text{surface de tous les champs}$). Les données sur les balles rondes ont été recueillies sur 5 fournées réalisées lors de la deuxième coupe en juillet 2012 (annexe 1) et celles sur le vrac recueillies de 3 fournées récoltées en septembre (annexe 2).

Certaines données ne sont pas considérées dans l'analyse, puisqu'il y a eu un temps de familiarisation avec la nouvelle machinerie, notamment avec l'autochargeuse et la griffe de manutention. Ces données ont été rejetées et on a plutôt estimé celle-ci (valeurs en italique grisée) en considérant les valeurs obtenues en situation normale (référence 28 septembre). À titre d'exemple, les valeurs du temps de déchargement de la fournée du 13 septembre ne font pas partie des moyennes car il y a eu beaucoup de temps consacré à faire des ajustements sur l'autochargeuse, et le transfert au séchoir avec la griffe était une étape assez longue au début puisque tout était à apprendre au niveau des commandes. La compilation détaillée est présentée aux annexes 1 et 2.

Les moyennes et les écart-types de la performance des opérations sont présentés dans le tableau suivant. La fauche et le ratelage ont été réalisés avec le même équipement dans les deux cas. Pour le foin récolté en balles rondes, à l'exception de la fournée du 15 juillet, le foin a été fauché la veille, soit le 14 juillet. Autrement, la fauche a été faite deux jours avant la récolte afin d'avoir un taux de MS suffisamment élevé pour la conservation. Pour la récolte de foin en vrac, la fauche a toujours été faite la journée précédant la récolte. Il n'y a pas eu de fanage réalisé pour la récolte de foin en vrac. Seule une fournée de foin en balles rondes aurait nécessité l'usage du faneur. C'est pourquoi il n'y a aucune donnée recueillie sur le fanage.

² Valorisation fourrageex_UL.xls - Logiciel UL, Évaluation de la valorisation des fourrages : balles foin sec, 4 x 4,66 pi diam

Tableau 1 : Résumé des opérations de récolte de la deuxième coupe faite en balles rondes et des opérations de la troisième coupe effectuée en vrac en utilisant la combinaison de l'autochargeuse et de la griffe

RÉCOLTE DE FOIN EN BALLES RONDES									
	Surface	MS estimé	Distance pondérée	Fauche	Ratelage	Pressage	Trans&enrob	Cumulatif	temps/tonne
	(ha)	(kg)	(m)	(ha/h)	(ha/h)	(ha/h)	(ha/h)	(ha/h)	(tonne MS/h)
10-juil	5,3	4199	1200	2,45	1,51	1,77	3,66	0,52	0,42
15-juil	6,05	5814	1209	2,44	2,20	3,82	2,07	0,62	0,60
20-juil	8	12274	645	2,67	2,23	3,69	1,90	0,62	0,95
21-juil	4,25	7752	766	2,13	1,34	2,16	2,83	0,49	0,90
22-juil	9	10336	850	3,38	2,57	2,30	3,86	0,64	0,73
TOTAL:	32,6	40375							
MOYENNE:			934,0	2,61	1,97	2,75	2,86	0,58	0,72
ÉCART TYPE:			257,5	0,47	0,52	0,94	0,89	0,07	0,22

CRAAQ, 2009*				2,68	3,31	2,1	2,1	0,61	
--------------	--	--	--	------	------	-----	-----	------	--

RÉCOLTE DE FOIN EN VRAC									
	Surface	MS estimé	Distance pond.	Fauche	Ratelage	Charg. & transp.	Déchargement	Cumulatif	temps/tonne
	(ha)	(kg)	(km)	(ha/h)	(ha/h)	(ha/h)	(ha/h)	(ha/h)	(tonne MS/h)
13-sept	7,5	32204	307	2,00	2,00	2,5	1,7	0,50	2,16
16-sept	13,3	32204	1408	2,42	3,33	2,3	3,0	0,67	1,63
28-sept	8,6	15028	798	3,44	1,97	3,6	4,2	0,76	1,32
TOTAL:	29,4	79435							
MOYENNE:			837,4	2,62	2,43	2,78	2,95	0,64	1,70
ÉCART TYPE:			551,3	0,74	0,94	0,69	1,23	0,13	0,42

* CRAAQ 2009, Foin et ensilage en balles rondes, Frais de récolte de conservation et de reprise, AGDEX 732/821x

Les valeurs en italique grisées sont estimées: rendement moyen sur les balles rondes 1,97 ha/h

Les temps de déchargement ont été estimés selon la moyenne des temps de déchargement mesurés le 28 septembre et qui est plus réaliste compte tenu de l'expérience acquise à manipuler la griffe.

Note: pour le vrac les temps de chargement et de déchargement ont été additionnés de façon à simuler un seul opérateur comme pour les balles rondes

Rendement - Balles rondes

Les références économiques servent de référence pour la récolte en balles rondes. Pour le fauchage, les temps obtenus sont très comparables (2,61 et 2,62 contre 2,68 ha/h). Pour le ratelage, la performance est passablement inférieure aux données du CRAAQ (1,97 et 2,43 contre 3,31 ha/h). Le ratelage prend 30% plus de temps que ce qui est anticipé. Le type de rateau utilisé peut difficilement gagné en performance à moins de briser quelque peu le foin par l'augmentation de la vitesse du tracteur. Pour le pressage, le transport et l'enrobage, l'entreprise a un rendement supérieur aux données du CRAAQ. Pour le pressage, le rendement serait de 31 % supérieur (2,75 contre 2,1 ha/h) et pour le transport et l'enrobage de 36 % supérieur (2,86 contre 2,1 ha/h). Si l'on regarde l'ensemble des opérations de la fauche à l'enrobage, les données recueillies à la ferme Hengil correspondent presque parfaitement aux données du CRAAQ (0,58 contre 0,61 ha/h).

Rendement - Foin en vrac

Si l'on regarde le rendement cumulatif pour le vrac, l'entreprise aurait un rendement supérieur de l'ordre de 10 % (0,64 contre 0,58 ha/h). En termes de masse récoltée, l'écart est bien supérieur : +136 % (1,7 contre 0,72 tonnes MS/h). Toutefois, il faut rappeler que le rendement de la deuxième coupe a été faible. Il faut aussi prendre en considération que les valeurs utilisées pour estimer la masse moyenne de matière sèche des balles rondes et du foin en vrac sont des estimations.

Si l'on analyse les données uniquement à partir de la récolte en excluant la fauche et le ratelage, le rendement pour faire des balles rondes (pressage plus transport et enrobage) le rendement de récolte serait équivalent : $1,43^3$ ha/h pour engranger le foin en vrac, comparé à $1,40$ ha/h⁴ pour les balles rondes. Si l'on considérait les données du CRAAQ en référence, le rendement en foin en vrac serait supérieur de 34 % (1,41 contre 1,05 ha/h). Seulement 3 fournées de foin ont été réalisées dans le cadre de ce projet. On peut quand même

³ $(2,78^{-1} + 2,95^{-1})^{-1} = 1,43$ ha/h

⁴ $(2,75^{-1} + 2,86^{-1})^{-1} = 1,40$ ha/h

remarquer la progression de la vitesse des opérations en général pour faire du foin vrac. Lors de la dernière fournée, le rendement était passé à 0,76 ha/h pour des champs situés en moyenne à 800 m.

Utilisation de l'autochargeuse

L'autochargeuse est munie d'un système de coupe ou 'Rotocut'. Trois couteaux sur quatre ont été retirés de sorte que le foin a été coupé à 200 mm (8 po). Le graphique suivant résume la performance de récolte. Le temps de chargement peut être très court. À l'occasion, en moins de 5 minutes, le chargement était complété lorsque les andains étaient plus gros. Selon la régression obtenue, en supposant un champ tout près du séchoir, le cycle moyen du chargement et du déchargement a été de 11,7 minutes. À cela, il faut ajouter le temps pour parcourir la distance du champ à deux reprises (aller-retour). Selon la régression obtenue, la vitesse de transport correspondrait à 13,5 km/h. À titre d'exemple, pour un champ situé à 1 km (1000), le cycle de chargement correspondrait à 20,6 minutes ($0,0089 \times 1000 + 11,7 = 20,6$ min).

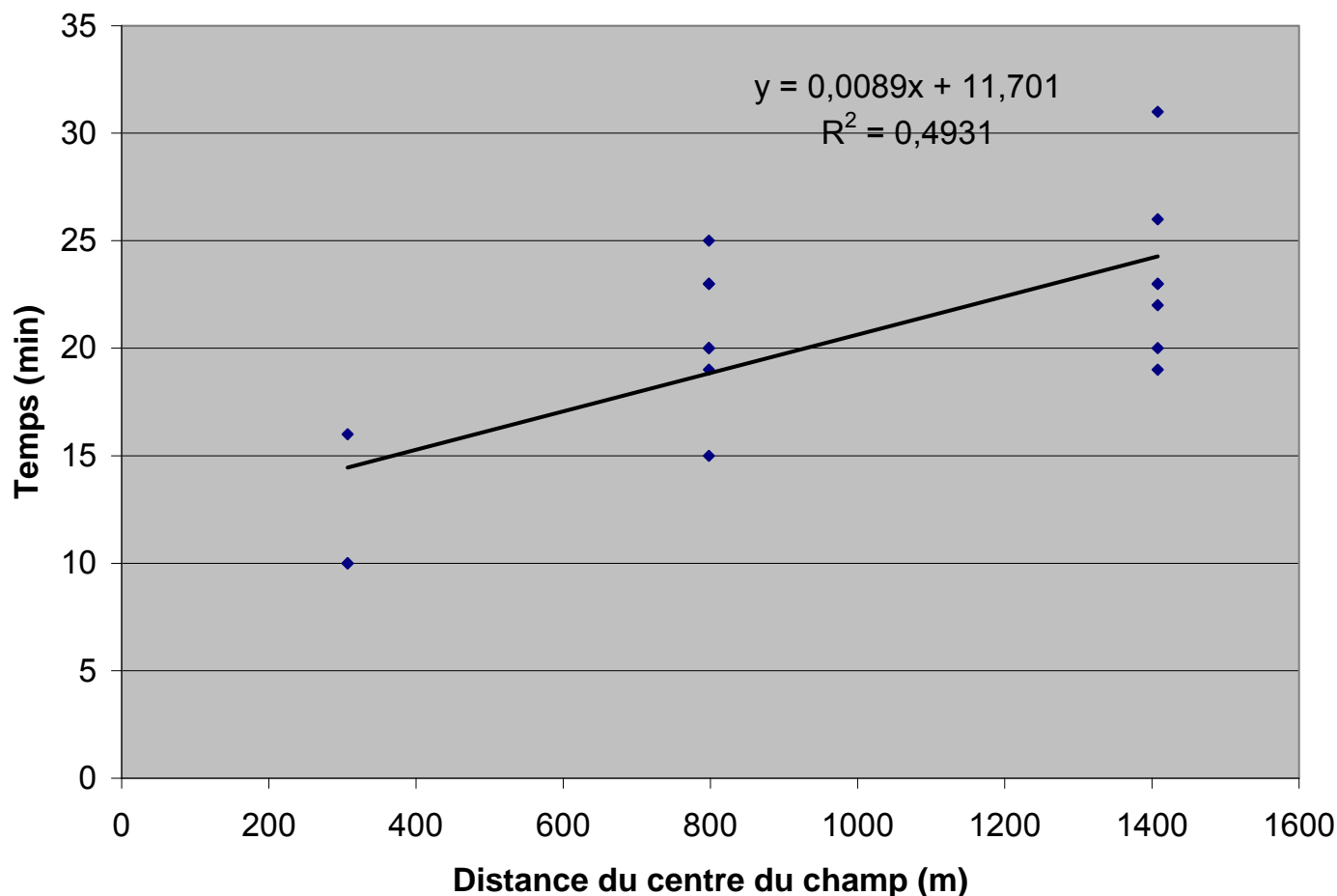


Figure 1 : Temps requis pour effectuer un cycle complet de chargement de l'autochargeuse Pottiger Europrofit 50. Cela inclut le chargement, le transport et le déchargement dans le débarcadère. Les distances utilisées ont été pondérées à une seule valeur journalière (moyenne de distance d'une journée de récolte). La vitesse de transport correspond à 112 m/min ($0,0089 \text{ min/m}$)⁻¹ ou 6,72 km/h. Comme cela inclut l'aller et le retour, la vitesse moyenne de transport correspondrait à 13,5 km/h

L'utilisation de l'autochargeuse s'est bien déroulée. Le seul problème rencontré concerne le capteur de pression du panneau arrière qui engage l'avancement du fond mobile. Une mise au point devra être faite pour le rendre moins sensible, car à l'occasion, la pression du foin provoquait une ouverture de la porte arrière. Cela demanderait un ajustement. Le temps moyen de déchargement est de 17,75 minutes (voir section suivante). Théoriquement, si une personne opérait continuellement la griffe, il est possible de fournir le rythme de l'autochargeuse pour une distance de champ optimale de 680 m.

Pour voir le vidéo lors du chargement: <http://www.youtube.com/watch?v=3AW9CQ31SXC&feature=youtu.be>

Transfert au séchoir

La griffe peut être configurable à 8 fourchons (+/- 2 m) par côté ou à 5 (+/- 1,2 m). Elle a été utilisée avec 8 fourchons. Son utilisation a nécessité une adaptation un peu plus longue que l'autochargeuse. Les temps de transfert du foin du débarcadère au séchoir ont été relevés occasionnellement. Le tableau suivant présente des temps recueillis lors de la première journée de récolte et lors de la dernière journée de récolte. Lors de la première journée d'utilisation, le temps moyen requis pour transférer un chargement de 31,3 m³ était de 32,5 minutes. Lors de la dernière journée (28 septembre), le temps de transfert a significativement diminué à 17,75 minutes. De façon générale, le transfert du contenu d'une autochargeuse de 31,3 m³ nécessite approximativement 20 fourchées. Si le foin était coupé à plus de 200 mm, il est possible que le transfert puisse être plus rapide dû à l'augmentation du volume transporté par fourchée. Avec du foin coupé plus court que 200 mm, il est fort possible que ce soit l'inverse. Pour les calculs de rendement moyen dans le cadre de ce projet, nous avons assumé un temps moyen de transfert de 17,75 minutes. Il est possible que ce rendement puisse être amélioré, car pour chaque voyage un ralentissement était provoqué à trop nettoyer le débarcadère avant l'arrivée du prochain chargement. Un gain de productivité pourrait être gagné sur cet aspect.

Tableau 2 : Temps requis pour transférer le foin du débarcadère sur le séchoir

Chargement	Début	Fin	Déchargement
13-sept			(min)
2	14h22	14h57	35
7	18h34	19h04	30
			32,5
28-sept			
3	15h24	15h40	16
4			
5	16h27	16h49	22
6	17h04	17h19	15
7	17h28	17h46	18
			17,75

Pour voir le transfert de foin à la cellule de séchage à l'aide de la griffe à foin : <https://www.youtube.com/watch?v=Svsts39Xdrw>

CONCLUSION

En excluant toutes les opérations précédant la récolte (fauche, fanage et râtelage), il apparaît assez clair que la récolte de foin vrac se compare avantageusement au niveau du temps d'intervention par rapport à la méthode traditionnelle de faire des balles rondes enrubannées. Dans le cadre de cette étude, la vitesse de récolte est supérieure pour le vrac de 10% (0,64 pour le vrac vs 0,58 ha/h pour les balles rondes). Si on ne considérait que le rendement de la dernière journée la productivité aurait été de 31% supérieure (0,76 vs 0,58 ha/h). D'ailleurs, en Europe, selon SEGROFO 2010, la récolte de foin en vrac serait plus rapide de 55 % (0,42 contre 0,27 ha/h). Au point de vue tonnage récolté, nous avons obtenu 1,7 tonnes MS/h pour le vrac contre 0,72 tonne MS/h pour les balles rondes, soit 2,4 fois plus productif. Il faut toutefois mettre en perspective le faible niveau de récolte obtenu lors de la seconde coupe.

Les heures de tracteur pour l'ensemble des travaux semblent assez équivalentes⁵. On peut assumer que les coûts de récolte ont été presque les mêmes, à l'exception des balles rondes pour lesquelles il y a usage de pellicule de plastique dont le coût serait de 6,34 \$/ha (CRAAQ, 2009). Selon les références économiques, la productivité journalière serait de 31,1 tonnes MS servie. Cette étude est très préliminaire et il est fort possible qu'il pourrait y avoir à moyen terme un avantage de temps et d'argent au fur et à mesure que l'expérience s'accumulera.

La récolte de foin en vrac par l'usage de l'autochargeuse et la griffe de manutention semble simplifier les opérations. Comme pour les balles rondes, il est possible de faire du foin par une seule personne. Cette méthode ouvre la possibilité de faire du foin sec de qualité en moins de 36 à 48 heures, conditions très difficiles à rencontrer avec les méthodes traditionnelles et les conditions souvent pluvieuses du Québec. Règle générale, il faut minimalement 3 jours consécutifs de beau temps pour faire du foin sec par les méthodes traditionnelles. Cette méthode ouvre la possibilité de faire du foin sec avec seulement deux jours consécutifs de beau temps. L'analyse des conditions météorologiques à l'aéroport de Québec montre que depuis 2006, au cours des mois de juin à septembre (voir graphique de l'annexe 4), il y a eu en moyenne 28 fenêtres de 2 jours consécutifs sans pluie comparé à seulement 15 de 3 jours consécutifs. Quand on regarde à Les Éboulements près de St-Hilarion, de 1989 à 1993, la moyenne annuelle serait de 38 fenêtres de 2 jours consécutifs sans pluie comparé à 23 de 3 jours consécutifs (Annexe 5). Cela offre beaucoup plus de possibilités et réduit certainement le stress de faire du foin sec comme c'est le cas avec les méthodes traditionnelles.



Figure 2 : Autochargeuse Pottinger 50 m³ utilisée à la ferme Hengil <http://www.youtube.com/watch?v=3AW9CQ31SXc&feature=youtu.be>

⁵ Observation non compilée. Toutefois, M. Tremblay croit que les heures de tracteur et la consommation serait assez équivalentes.



Figure 3 : Déchargement dans le débarcadere



Figure 4 : Griffe de manutention du foin : Steppa Palfinger HDK 8012



Figure 5 : Manutention avec la griffe à foin. Noter l'espace libre entre le caillebotis et le mur qu'il faut placer en premier
<https://www.youtube.com/watch?v=Svsts39Xdrw>

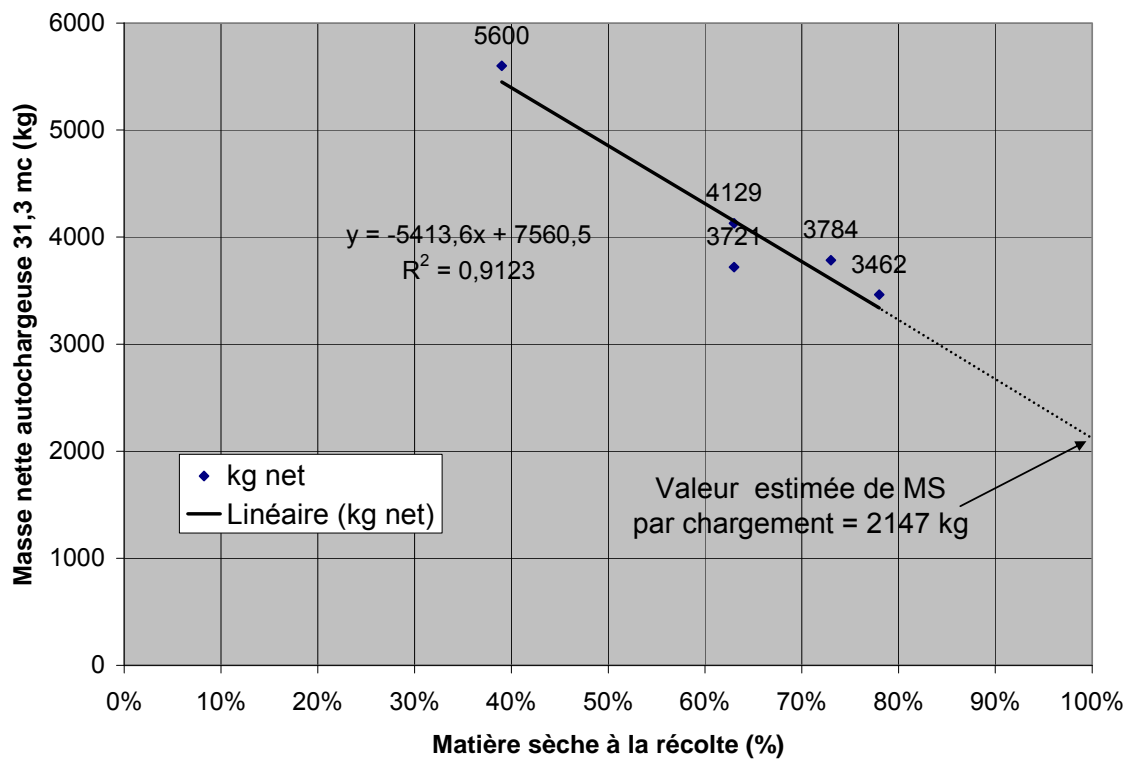


Figure 6 : Poids net de foin frais (non séché) de 5 chargements d'autochargeuse d'un volume réel mesuré de 31,3 mc. Par extrapolation, on peut estimer que la quantité de matière sèche contenue dans une autochargeuse serait autour de 2147 kg

Annexe 1 : Performance de récolte de balles rondes de foin sec enrobées sur la deuxième coupe incluant toutes les étapes de la fauche à l'enrobage des balles

	Champs	Surface (ha)	Distance pondérée (m)	Fauchage (min)	Fauche (ha/h)	Ratelage (min)	Ratelage (ha/h)	Pressage (min)	Pressage (ha/h)	Transport et enrobage (min)	Trans&enrob (ha/h)	nb balles (n)	MS (kg)	Trans&enrob (balles/h)	emps cumul (min)	Cumul (ha/h)	temps/tonne (tonne MS/h)
10-juil	24,25	5,3	1200	130	2,45	210	1,51	180	1,77	87	3,66	13	4199	9,0	607,0	0,52	0,42
15-juil	L4, (6 x, 75)	6,05	1209	149	2,44	165	2,20	95	3,82	175	2,07	18	5814	6,2	584,0	0,62	0,60
20-juil	8,5	8	645	180	2,67	215	2,23	130	3,69	252	1,90	38	12274	9,0	777,0	0,62	0,95
21-juil	5,26,27,28	4,25	766	120	2,13	190	1,34	118	2,16	90	2,83	24	7752	16,0	518,0	0,49	0,90
22-juil	7	9	850	160	3,38	210	2,57	335	1,61	140	3,86	32	10336	13,7	845,0	0,64	0,73
TOTAL:		32,6										125	40375		3331		
MOYENNE:			934,0		2,61		1,97		2,61		2,86					0,58	0,72
ÉCART TYPE:			257,5		0,47		0,52		1,07		0,89					0,07	0,22

Annexe 2 : Performance de récolte du foin vrac sur la troisième coupe incluant toutes les étapes de la fauche à la mise en grange

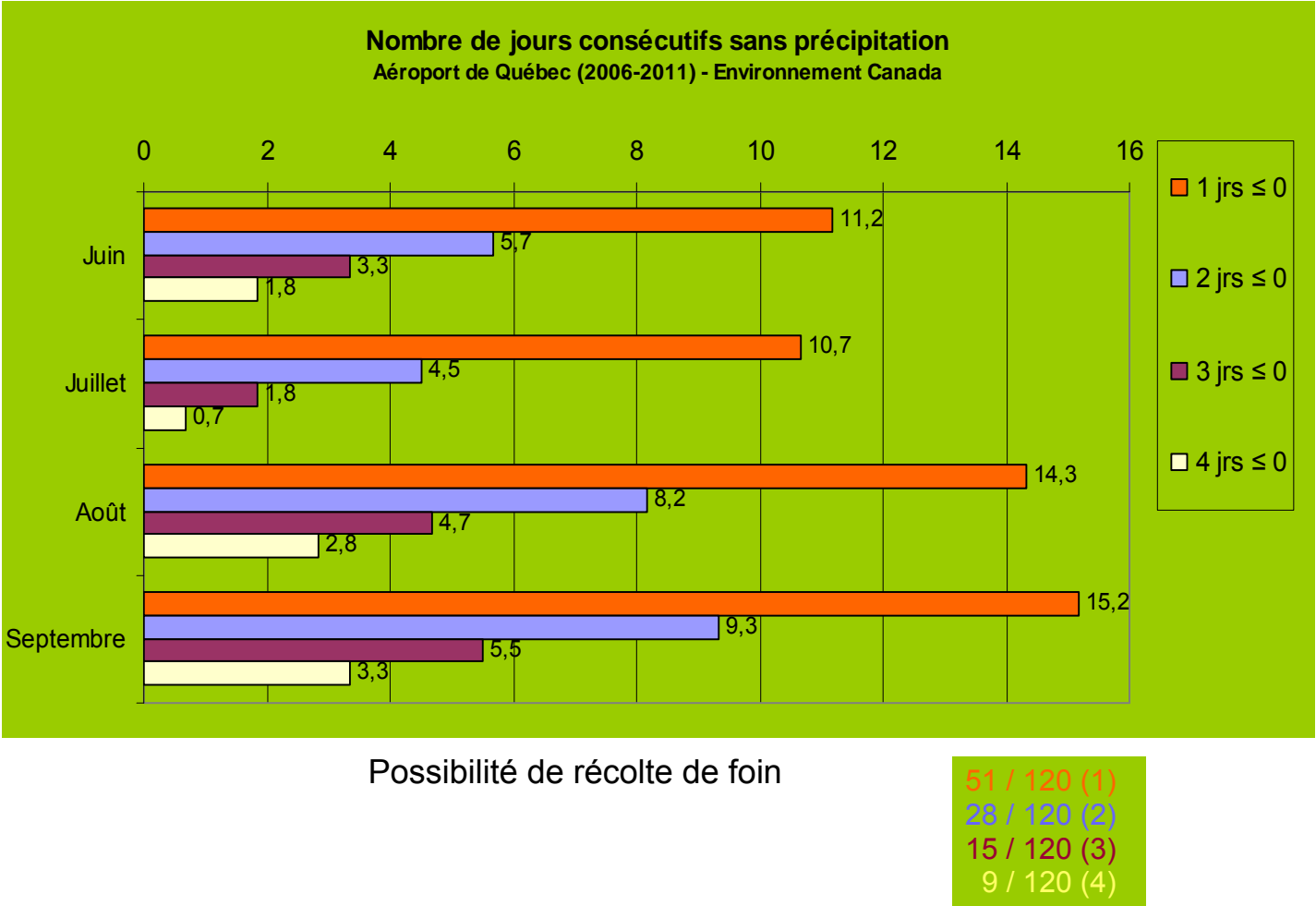
Récolte	Champs	Surface (ha)	Distance pon (km)	Fauchage (min)	Fauche (ha/h)	Ratelage (min)	Ratelage (ha/h)	Chargements (n)	Vol (mc)	MS (%)	MS (kg)	Charg. & transp. (min)	Déchargement (min)	Charg. & Déchar. Estimé (ha/h)	Temps cumulé (min)	Cumul (ha/h)	temps/tonne (tonne MS/h)
13-sept	L3, 1,3,20,27,26,28	7,5	307	225	2,00	225	2,00	15	469,5	83	32203,5	180,0	266,3	1,0	896,3	0,50	2,16
16-sept	5,L4,22,24,25	13,3	1408	330	2,42	240	3,33	15	469,5	73	32203,5	351,4	266,3	1,3	1187,7	0,67	1,63
28-sept	6,8	8,6	798	150	3,44	262		7	219,1	63	15028,3	145,0	124,3	1,9	680,9	0,76	1,32
TOTAL:		29,4						37	1158,1		79435,3	676,4	656,8		2764,8		
MOYENNE:			837,4		2,62		2,66							1,41		0,64	1,70
ÉCART TYPE:			551,3		0,74		0,94							0,46		0,13	0,42

Note : L'évaluation de la vitesse de déchargement a été faite uniquement lors de la dernière fournée. Donc le temps de déchargement a été estimé selon la moyenne obtenue le 28 septembre et sont illustrées en italique. Les moyennes tiennent compte des trois fournées.

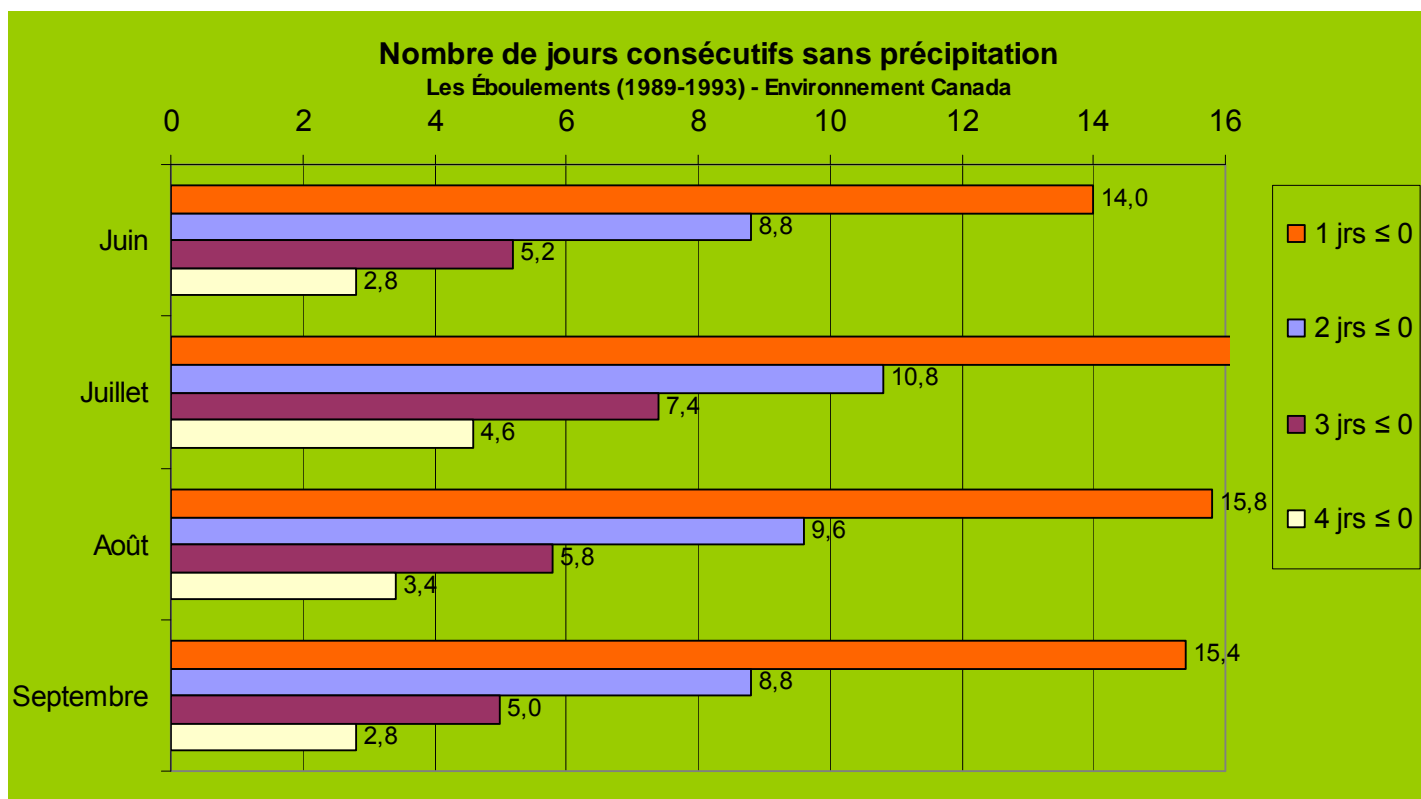
Annexe 3 : Temps requis pour un cycle complet de chargement jusqu'au déchargement. Pour le déchargement, seules les données du 28 septembre ont été considérées. L'opération de la griffe devenait de plus en plus naturelle

	Distance pondérée (m)	Début	fin	Durée (min)	Déchargement (min)
14-sept	307	8h30	8h50	10	
		8h55	9h05	10	
		11h44	12h00	16	
				12,0	
17-sept	1408	11h36	12h02	26	
		12h47	13h07	20	
		13h32	14h03	31	
		14h33	14h56	23	
		15h25	15h48	23	
		16h50	17h09	19	
		17h43	18h05	22	
				23,4	
28-sept	798	13h35	13h54	19	
		14h10	14h25	15	
		15h10	15h35	25	16
		15h40	16h03	23	
		16h15	16h38	23	22
		16h51	17h11	20	15
		17h16	17h36	20	18
				20,7	17,8

Annexe 4 : Séquence de journées sans pluie propice à la réalisation de chantier de foin. L'analyse porte sur les données météorologiques de 2006 à 2011 à l'aéroport de Québec



Annexe 5 : Séquence de journées sans pluie propice à la réalisation de chantier de foin. L'analyse porte sur les données météorologiques de 1989 à 1993 à Les Éboulements, Québec



Possibilité de récolte de foin

62 / 120 (1)
38 / 120 (2)
23 / 120 (3)
14 / 120 (4)

À Consulter :

Pour voir une vidéo sur l'autochargeuse : <http://www.youtube.com/watch?v=3AW9CQ31SXc&feature=youtu.be>

Pour voir le déchargement de l'autochargeuse dans le débarcadère: <http://www.youtube.com/watch?v=P60fhul5th0&feature=youtu.be>

Pour voir le transfert de foin à la cellule de séchage à l'aide de la griffe à foin : <https://www.youtube.com/watch?v=Svsts39Xdrw>