

## Le séchage du foin en grange avec déshumidificateur

2 octobre 2014

Xavier Desmeules, agr.<sup>1</sup>, Alain Fournier, agr., M. Sc.<sup>2</sup>, Guy Beauregard, agr., M. Sc.<sup>3</sup>, Jocelyn Marceau, ing.<sup>2</sup>, René Morissette, ing.<sup>4</sup>, Thomas Braeuchi, agriculteur<sup>5</sup>, Jean-Louis Vignola, technicien<sup>2</sup>, Jean Girard, agr.<sup>1</sup>

### 1. Description de la technique de séchage

Le séchage en grange est une méthode artificielle de séchage des fourrages permettant de diminuer la durée d'assèchement au champ et d'accroître la qualité du foin. Il repose sur la récolte d'un fourrage encore humide au champ, dont la déshumidification se poursuit dans un entrepôt (avec cellules de séchage) prévu à cet effet, à l'aide d'une ventilation qui peut être couplée à un système de déshumidification (figure 1).



Figure 1. Cellules de séchage (à gauche) et déshumidificateur (à droite) (source : MAPAQ)

Ce genre de système est particulièrement adapté aux régions comportant des hivers longs qui requièrent l'entreposage d'une grande quantité de foin et où la pluviométrie est importante (figure 2) et régulière.

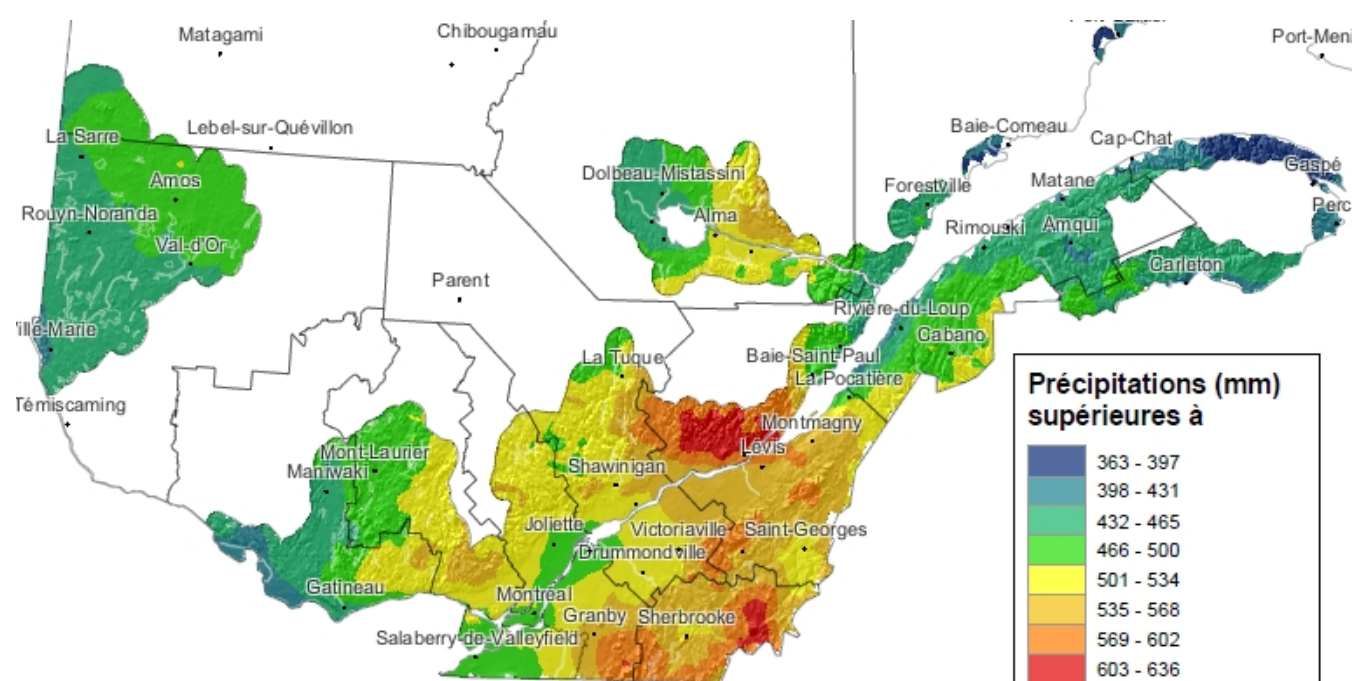


Figure 2. Cumul des précipitations pendant la saison de croissance : probabilité de 8 années sur 10 (source : Atlas agroclimatique, 2012)

Ce système est tout particulièrement intéressant pour les producteurs voulant produire un lait d'exception spécifiquement conçu pour la production de fromages à pâte pressée. Une ration composée majoritairement de foin sec (sans ensilage) diminue considérablement le risque de contamination du lait par les bactéries susceptibles de produire de l'acide butyrique, composant produit par les bactéries du genre clostridium. Les clostridiums ne sont pas détruits par la pasteurisation et produisent des gaz durant le vieillissement des fromages, ce qui occasionne leur gonflement et la perte de valeur. L'acide butyrique produit par ces bactéries donne également un goût indésirable aux fromages. Ce risque de contamination est considérablement accru lorsque des fourrages fermentés sont utilisés dans l'alimentation des vaches. De plus, les dangers de contamination par les bactéries du genre listeria sont grandement limités en l'absence d'aliment fermenté, ce qui constitue un avantage indéniable pour la production de fromages fins, muris et à valeur ajoutée.

## **2. Historique du séchage en grange**

Le séchage en grange est une technologie qui a été développée aux États-Unis avant la Seconde Guerre mondiale. Plusieurs pays d'Europe (Belgique, Royaume-Uni, Allemagne, Suède et Suisse) au climat humide, peu favorable au séchage des fourrages au champ, ont poursuivi le développement et l'adaptation du séchage artificiel en grange. Il existait plusieurs milliers d'installations de séchage des fourrages vers la fin des années 50 dans ces pays. La technologie s'est ensuite développée en Autriche et en Norvège. En Autriche, ce système a pris de l'ampleur, en raison de l'hygrométrie importante de l'air ambiant de certaines zones agricoles qui ressemble aux conditions climatiques du Québec. La technologie s'est implantée de 1960 à 1980 en France dans les régions montagneuses du Jura et de la Savoie, régions reconnues pour la qualité de leurs fromages vieillis à pâte pressée. Elle a eu un regain d'intérêt en France dans les années 2000, en raison de l'interdiction de l'emploi des ensilages et des aliments fermentés dans certaines filières fromagères. Le programme du « plan de performance énergétique des exploitations agricoles (PPE) » initié en 2009 et géré par les chambres d'agriculture a redonné un second souffle à cette technologie. Afin de pouvoir bénéficier de ce programme, le producteur doit réaliser un diagnostic énergétique de l'exploitation. Il est ensuite possible d'obtenir des aides financières pour les investissements reliés à l'implantation d'un système de séchage en grange sur l'entreprise. Bien qu'il n'existe pas de statistique officielle sur le nombre de structures, on évalue qu'il y aurait environ 2 000 à 3 000 séchoirs en vrac en France (ADEME, 2011). Selon Carrier (2012), la Suisse et la Norvège compteraient respectivement 1 200 et 250 installations de ce type.

## **3. Principe de fonctionnement**

Le séchage solaire en grange est généralement le système le plus populaire en raison de son faible coût d'investissement, comparativement au système de séchage qui déshumidifie et réchauffe l'air de ventilation pour réduire le temps de séchage. Le principe de fonctionnement du séchoir solaire est fort simple. Il consiste à réchauffer l'air passant dans un canal localisé sous la toiture de la grange. Cet air plus chaud de 3 à 5 °C dont l'humidité est diminuée d'environ 20 % est ensuite aspiré par la ventilation qui la souffle à travers le foin disposé dans des cellules de stockage sur des caillebotis. Ce principe extrait l'eau du fourrage pour l'évacuer à l'extérieur du bâtiment. Les principales différences entre le séchoir solaire et le séchoir par déshumidification sont que ce dernier fait circuler l'air en circuit fermé entre le fourrage et le déshumidificateur. De plus, l'air sortant du fourrage est déshumidifié par un évaporateur et réchauffé en traversant un condenseur (radiateur où le liquide réfrigérant libère de l'énergie). La source d'énergie du déshumidificateur est l'électricité. Une source de chaleur supplémentaire peut également être combinée au système (élément électrique, eau chaude, énergie solaire, etc.) (figure 3).

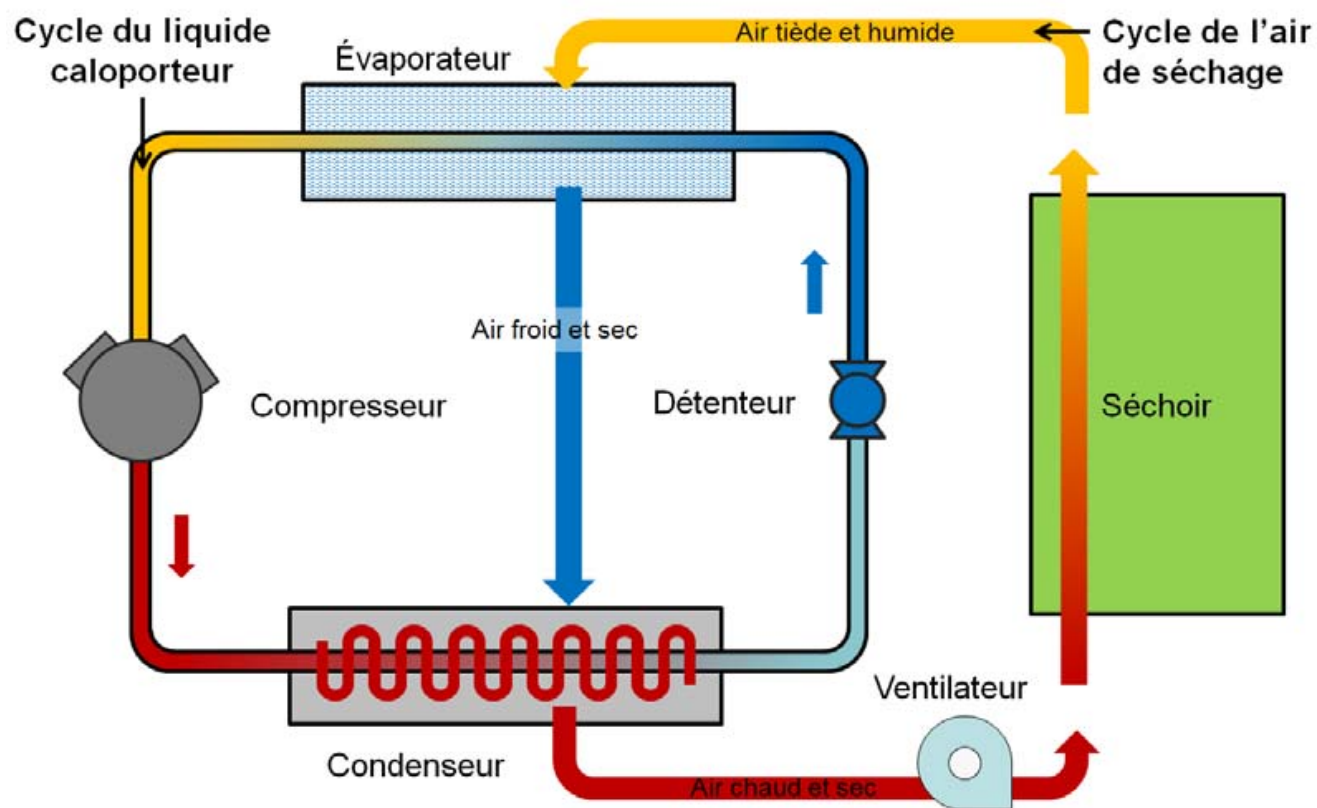
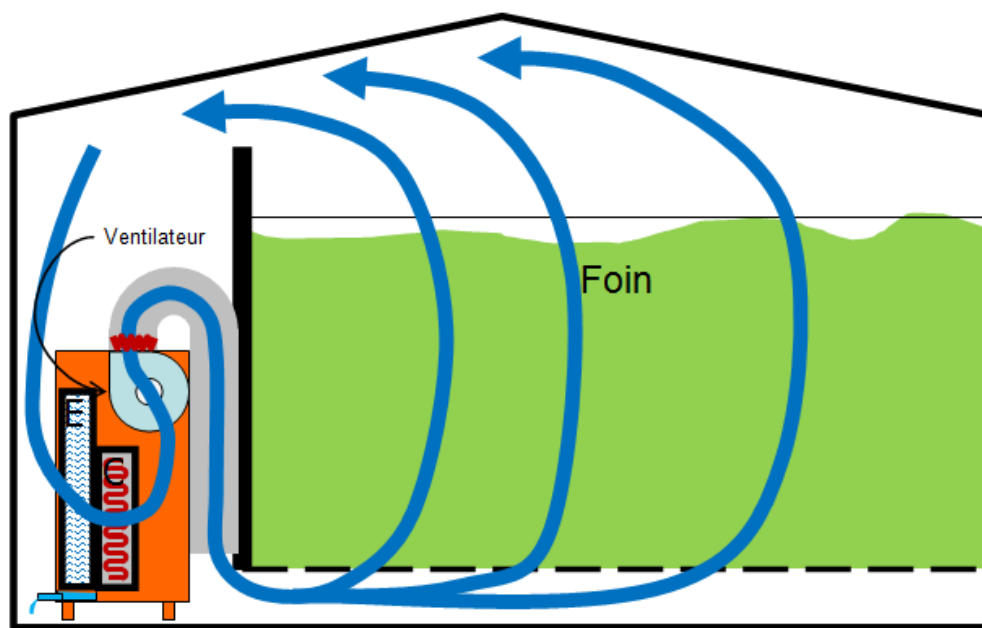


Figure 3. Principe du séchage par déshumidification (source : Agriculture et Agroalimentaire Canada)

Lors de l'entreposage, le fourrage est disposé en couches successives dans des cellules d'entreposage au fur et à mesure que les récoltes sont effectuées. Lors de celles-ci, le fourrage devra contenir un maximum d'humidité se situant entre 40 et 50 % d'eau (50 à 60 % de M.S.). Le producteur doit attendre que la dernière couche entreposée soit pratiquement sèche avant d'en remettre dans la cellule. Le fourrage se conserve bien lorsqu'il atteint un niveau d'humidité de moins de 15 % (85 % de M.S.). La récolte se poursuit jusqu'à ce que la limite de capacité de la cellule soit atteinte, ce qui représente une hauteur d'environ six à sept mètres. Le fourrage prend un maximum de quatre jours à sécher (pour réduire les risques de chauffage) avec ce système (pour une épaisseur du foin d'environ deux mètres), qui peut fonctionner de jour comme de nuit. Le déplacement du fourrage récolté à l'aide d'une remorque autochargeuse (figure 4) dans une des cellules d'entreposage se fait à l'aide d'une griffe munie d'un bras télescopique sur un pont roulant (figure 5).



**Figure 4. Remorque autochargeuse (source : MAPAQ)**



**Figure 5. Griffe pour le chargement des cellules (source : MAPAQ)**

Il est nécessaire de bien répartir le foin dans la cellule pour uniformiser son séchage et la vitesse de passage de l'air dans la masse de fourrage. La manipulation du fourrage en surface, suite à la récolte, est parfois nécessaire pour uniformiser son séchage lorsqu'il est particulièrement humide à la récolte.

Le fanage en grange doit être réalisé correctement pour bien disperser les paquets de fourrage, car ceux-ci sont difficiles à sécher et cela augmente le risque de développement de moisissures. Il faut également éviter de trop compacter l'herbe dans l'autochargeuse. La griffe doit bien éclater les derniers paquets de fourrage au moment de l'entreposage. Il est recommandé de ne pas mettre plus de deux mètres d'herbe pour la première couche et de diminuer à un mètre pour les couches subséquentes. Le non-respect de la capacité du séchoir allonge la durée de séchage et accroît la probabilité de production de moisissures. S'il y a compaction, l'absence de circulation d'air peut

entraîner la fermentation et le chauffage du fourrage, la perte d'énergie et de protéines, ainsi qu'un risque d'incendie. La surveillance de la cellule est essentielle pour vérifier s'il y a des points chauds et agir rapidement pour décompacter les zones à risque. La griffe est également utilisée pour vider la cellule de séchage pour l'alimentation des animaux. Ce système permet de produire un fourrage de très haute digestibilité se rapprochant du pâturage.

Les raisons qui incitent les entreprises agricoles à opter pour ce type de système fourrager sont les suivantes :

- Récolter le foin au stade optimal de qualité;
- Réduire les pertes à la récolte;
- Mécaniser la récolte et le temps de travail pour l'alimentation du troupeau;
- Économiser sur le coût en grains et suppléments pour l'alimentation des vaches;
- Réduire les frais de santé et le taux de réforme des vaches;
- Obtenir un lait de haute valeur fromagère.

#### 4. Équipements et essais à la Ferme Brawer SENC

Des essais de séchage du foin ont été réalisés en 2013 à la Ferme Brawer SENC. Les sections qui suivent présentent les équipements utilisés et les résultats obtenus lors de ces essais.

Le foin a d'abord été récolté avec la remorque autochargeuse (figure 4). Celle-ci a été vidée de son contenu dans une aire d'entreposage temporaire du fourrage (figure 6), avant son transfert dans les cellules de séchage, à l'aide d'une griffe fixée au bout d'un bras télescopique sur un pont roulant.



**Figure 6. Entreposage temporaire du foin avant le chargement dans les cellules de séchage (source : MAPAQ)**

Le bâtiment du séchoir a une dimension de 60 pieds (18 m) de largeur par 146 pieds (44,5 m) de longueur par 40 pieds (12 m) de hauteur. La structure en acier du bâtiment est conçue pour supporter la charge d'un pont roulant pour le déplacement d'une griffe à foin munie d'un bras télescopique. Le bâtiment est composé de deux cellules de séchage de 60 pieds (18 m) de largeur par 46 pieds (14 m) de longueur par 21 pieds (6,5 m) de hauteur et de deux aires d'entreposage du foin. Puisque les deux cellules d'entreposage ne sont pas suffisantes pour entreposer le foin nécessaire pour alimenter le

troupeau pour la période hivernale, les Braeuchi doivent presser, entre les coupes, une partie des fourrages récoltés et entreposer les grosses balles carrées dans leur garage. Cette année, ils ont pressé 350 balles (33" x 32" x 60") de première coupe et 600 balles (33" x 32" x 90") de deuxième coupe à l'aide d'une presse stationnaire qu'ils alimentent avec un épandeur à fumier et la griffe.

Le système est également muni de deux ventilateurs de 25 CV (18,7 kW) combinés à deux pompes à chaleur (compresseurs) de 75 CV (56,1 kW). L'air chaud et déshumidifié produit par ce système est propulsé dans un circuit fermé à travers une masse de fourrage entreposé dans deux grosses cellules de séchage (figures 1 et 3). Ce procédé permet d'atteindre le taux d'humidité désiré après environ 72 heures. Les caractéristiques des équipements électriques utilisés sont présentées au tableau 1.

**Tableau 1. Caractéristiques des équipements électriques**

Mesure	Unité	Équipement			
		Ventilateur (x 2)	Serpentin électrique (x 2)	Compresseur (x 2)	Griffe
Puissance	CV	25	160	75	13
	kW	18,7	120	56,1	9,7
Intensité	A	24	n. d.	68	n. d.
Tension	V	600	n. d.	600	440
Débit d'air d'opération	PCM	30 000	s. o.		

Selon les propriétaires de l'entreprise, il faut éviter de faire des galettes de fourrage lors de la récolte de l'herbe, car elles sont plus difficiles à étendre et à ventiler, tout comme le système utilisant l'énergie solaire. Ainsi, la famille Braeuchi commence par bien étaler l'herbe lors du premier fanage effectué après la coupe débutant en début d'après-midi, pour en accélérer le séchage et défaire les paquets d'herbe. Une seconde opération de fanage est réalisée le lendemain matin pour accélérer le séchage du fourrage. Le raclage est effectué en début d'après-midi et la récolte se fait en fin d'après-midi. Il est important de ne pas trop compacter le fourrage récolté avec l'autochargeuse. Dans une situation extrême, il est possible de récolter le fourrage plus humide. Cependant, il faut éviter la formation de galettes dans l'autochargeuse en récoltant moins d'herbe qu'habituellement. Il faut également réduire la couche de fourrage à sécher. Lors de la saison estivale 2013, le séchoir a permis d'entreposer en moyenne une vingtaine d'hectares (50 acres) de prairie par fournée (une journée de coupe). Selon les propriétaires, il est important de bien étendre chaque chargement de la griffe lors du placement du fourrage dans la cellule d'entreposage et de ne pas uniquement déposer l'herbe dans la cellule. Après deux jours, il faut brasser le dessus du tas afin d'uniformiser le séchage, car un front d'eau s'accumule en surface et peut occasionner la croissance de moisissures. L'objectif à atteindre avec ce type d'installation est de sécher le fourrage en trois jours, sinon les champignons peuvent commencer à pousser, selon les propriétaires.

Une section du bâtiment (réserve de fourrage) permet d'entreposer du foin lousse pour faciliter l'alimentation du troupeau avec l'aide d'un petit tracteur muni d'une fourche (figure 7). Les fourrages produits ont été utilisés pour alimenter le troupeau de 80 vaches laitières de l'entreprise. La griffe est utilisée pour la manutention du foin lors de l'engrangement, de la manipulation lors du séchage et du prélèvement pour l'alimentation.



Figure 7. Tracteur muni d'une fourche (source : MAPAQ)

#### **4.1. Évaluation de la quantité de fourrage récolté**

Trois méthodes ont été utilisées afin d'évaluer les quantités de fourrage récolté et séché avec le séchoir de la Ferme Brawer SENC pour la saison estivale 2013, afin d'évaluer sa capacité et le coût de production de ce fourrage :

1. Calcul selon les rendements théoriques des champs basé sur les données de gestion de l'entreprise pour les rendements et le nombre de coupes de fourrage.
2. Calcul selon les volumes de fourrage entreposé dans les cellules, consommé en été par les animaux et pressé en grosses balles carrées.
3. Calcul selon la consommation théorique des animaux.

Deux de ces méthodes seront présentées dans ce document, soit la première et la deuxième, car la troisième représentait un volume de fourrage équivalent aux deux précédentes, en tonnes de matière sèche (TMS) de fourrage récolté.

En considérant les volumes théoriques calculés, le coût de production du fourrage récolté, séché et entreposé selon cette méthode a été effectué en utilisant une base de 600 TMS de fourrage. Ce chiffre est très important à considérer, car plus il est élevé, plus le coût de production du fourrage diminue. Les Braeuchi ont indiqué que la quantité de fourrage récolté en 2013 n'était pas suffisante pour alimenter leur troupeau de 80 vaches de race Holstein et leurs sujets de remplacement, car ils ont été dans l'obligation d'acheter du foin pour les vaches tarées en fin de saison pour atteindre la prochaine saison de récolte. Ils prévoient augmenter leur superficie de récolte en 2014 pour éviter cette situation. Puisqu'ils ont récolté un total de 276 voyages d'autochargeuse au cours de l'été 2013, le poids estimé d'un voyage d'autochargeuse serait d'environ 2 175 kg de M.S. Ce résultat correspond à la masse de fourrage calculée pour une autochargeuse dans un projet similaire réalisé par M. Jocelyn Marceau, ingénieur pour la région de la Capitale-Nationale, à la Ferme Hengil SENC, propriété de M. Steve Tremblay de Saint-Hilarion, qui possède un séchoir solaire.

**Tableau 2. Calcul des quantités de fourrage récolté selon les rendements théoriques des champs**

N° de champ	Superficie récoltée (ha)	Nombre de coupes	Rendement (TMS/ha)*	Total récolté (TMS/ha)
4, 7, 8, 12, 14, 17, 18, 19, 20, 21 et 22	70,1	4	7	490,7
Boucher n <sup>os</sup> 1 et 2	28,3	3	3,5	99,1
1 (nouvelle prairie)	7	2	3,5	24,5
6	3,6	1	1	3,6
<b>Total récolté</b>				<b>617,9</b>

### **Calcul selon les volumes entreposés, consommés et pressés en grosses balles carrées**

Le calcul des quantités de fourrage récolté selon cette méthode a été effectué à partir d'une date précise, soit la fin du mois de septembre 2013, date où les deux cellules étaient combles et la réserve de trois semaines d'alimentation était également pleine.

#### Foin entreposé dans les deux cellules

Deux cellules de 1 638 m<sup>3</sup> (14 m x 18 m x 6,5 m) x 90 kg M.S./m<sup>3</sup> ÷ 1 000 kg/t = 295 TMS  
(Note : les deux cellules étaient combles, ainsi que la réserve de trois semaines d'alimentation pour le troupeau.)

#### Foin pressé entre les coupes de fourrage

Coupe 1 : 350 balles pesées (32" x 32" x 60") x 150 kg/balle x 88 % de M.S. = 46,2 TMS  
Coupe 2 : 600 balles pesées (32" x 32" x 90") x 205 kg/balle x 88 % de M.S. = 108,2 TMS

#### Foin en vrac consommé pendant les quatre mois d'été

72 vaches de 650 kg x 17,5 kg M.S./jour x 120 jours/1 000 kg/t = 151 TMS  
11 vaches tarées de 675 kg x 14 kg M.S./jour x 120 jours/1 000 kg/t = 18,5 TMS

Le total du calcul des volumes récoltés et séchés par cette méthode est de 619 TMS, ce qui est comparable à la première méthode.

### **4.2. Efficacité de la récolte et du chantier**

Selon les données observées à la Ferme Brawer SENC pour trois jours de récolte en 2013, l'ensemble des opérations, de la fauche à l'enrangement, a nécessité 1,14 heure de travail par hectare récolté (tableau 3). Globalement, le chantier a été plus productif de 40 %, comparativement au chantier de balles rondes enrobées individuellement (1,6 h/ha, réf. : CRAAQ, 2009). En ne considérant pas les opérations de fauche, de fanage et de râtelage qui sont les mêmes, seulement 0,53 h/ha était requise pour le vrac (chargement, transport et déchargement), comparativement à 1 h/ha pour les balles rondes (pressage, transport et enrubannage). C'est presque le double comme efficacité.



**Tableau 3. Comparaison du temps de récolte par la méthode du foin en vrac par rapport aux balles rondes individuelles enrubannées**

	Balles rondes CRAAQ, 2009 1,75 TMS/ha (h/ha)	Vrac Brawer 1,75 TMS/ha* (h/ha)
Fauche	0,60	0,60
Fanage		
Râtelage		
Pressage	0,48	s. o.
Transport	0,48	
Enrubannage	0,04	
Chargement et transport	s. o.	0,28
Déchargement		0,25
<b>Total</b>	<b>1,60</b>	<b>1,14</b>

\* Les rendements observés à la Ferme Brawer SENC étaient de 1,05 TMS/ha. Le temps des opérations a été augmenté proportionnellement.

Selon la distance des champs, la vitesse de récolte a été différente. Pour un champ situé à 2,2 km, il a été possible d'effectuer trois chargements à l'heure, tandis qu'à 300 m du séchoir, le rythme était de six chargements à l'heure. La vitesse de récolte a donc varié de 6,5 à 13 TMS/h, puisque la quantité de matière sèche correspond à 2 175 TMS par chargement.

D'autre part, la vitesse moyenne de déchargement avec la griffe hydraulique a été de 19 minutes/chargement, soit approximativement l'équivalent de trois contenus d'autochargeuse à l'heure. Cependant, le grand débarcadère (figure 8) de 7 x 18 m permet l'accumulation de trois à quatre chargements, ce qui ne ralentit presque jamais le chantier journalier de dix à douze chargements et qui correspond à 1,5 m de foin dans une cellule (14 x 18 m) de la Ferme Brawer SENC. D'ailleurs, il est fortement suggéré de ne pas dépasser cette épaisseur de foin frais à récolter par jour. Idéalement, il faudrait s'en tenir à un mètre à la fois, surtout si le fourrage dépasse 35 % d'humidité.



**Figure 8. Débarcadère permettant d'accumuler trois à quatre chargements avant leur transfert à la cellule de séchage (source : MAPAQ)**

### **4.3. Consommation d'énergie électrique**

La consommation d'énergie électrique pour le séchage et la manipulation du foin a été estimée à 165 163 kWh pour un total de 13 769 dollars pour le traitement de 600 TMS de foin en 2013. Ce coût représente une moyenne de 22,95 dollars d'électricité/TMS de foin et de 8,34 cents/kWh.

### **4.4. Performance du déshumidificateur**

Afin d'évaluer la performance du déshumidificateur, des mesures de température, d'humidité et de débit d'air ont été prises à des endroits stratégiques dans le séchoir. De plus, la consommation énergétique a été estimée selon le temps de fonctionnement du ventilateur (15 kW utiles) et du compresseur (48 kW utiles) et la quantité d'eau condensée par le déshumidificateur a été mesurée. Le bilan présenté ici est pour la période du 28 mai au 23 juin 2013, soit 27 jours de fonctionnement pour un seul des systèmes de déshumidification et une cellule de séchage. Pour un débit d'air moyen de 20,8 kg/s (37 500 PCM) pour une cellule, on obtient 27,9 tonnes de condensat en faisant le bilan sur l'humidité absolue de l'air mesurée à l'entrée et à la sortie du système. Toutefois, le compteur à la sortie du déshumidificateur totalise près de 36 tonnes d'eau. Le bilan massique de l'eau contenu dans le fourrage permet d'estimer qu'environ 48 tonnes d'eau ont été évaporées du fourrage. Cela dit, une partie de l'air humide sortant du foin ne retournait pas dans le déshumidificateur, mais était évacuée vers l'extérieur par les portes du quai de déchargement, ce qui explique la différence entre l'eau évaporée dans le séchoir et l'eau condensée par le déshumidificateur.

La performance d'un système de déshumidification se caractérise par le taux spécifique d'extraction d'eau, soit la quantité d'eau retirée de l'air par unité d'énergie consommée par le système (ventilateur et compresseur). Pour le système 1 durant la période de 27 jours, le taux spécifique moyen était de 1,25 kg d'eau/kWh ou 1,68 kg d'eau/kWh<sub>compresseur</sub>, si on tient seulement compte de l'énergie au compresseur. Ainsi, la capacité mesurée du système était de 36 kg d'eau/kWh<sub>compresseur</sub>/jour. Un autre critère d'évaluation est le COP (*coefficient of performance*), soit le rapport entre l'énergie utile (chaleur restituée par le condenseur pour le chauffage) et l'énergie consommée pour faire fonctionner le système. Le COP du système se situait généralement entre 2 et 4 (moyenne de 2,5). Globalement, l'efficacité du déshumidificateur peut être meilleure en améliorant l'étanchéité du cycle de l'air dans le séchoir, ce qui aura comme effet d'augmenter l'humidité de l'air à l'entrée de l'évaporateur. Néanmoins, ce système de déshumidification demeure plus performant qu'un séchoir à air chaud conventionnel.

### **4.5. Qualité du fourrage**

En 2013, la teneur moyenne en eau du foin avant le séchage lors de la première coupe était de 57,9 % (32,1 % de M.S.). Après le séchage, les résultats moyens de la valeur alimentaire des fourrages sont présentés au tableau 4. La teneur en eau du foin après le séchage a été considérablement réduite pour atteindre une valeur moyenne de 14,17 %, ce qui est acceptable pour la conservation de longue durée d'un foin. Le niveau de protéines et de fibres NDF, ainsi que la teneur en calcium de ce fourrage indiquent que celui-ci est composé d'un mélange de plantes fourragères provenant des familles de graminées et de légumineuses. Selon les fourrages récoltés à la première coupe, il y avait entre 10 à 50 % de graminées qui composaient le mélange de fourrage récolté. La fétuque rouge, la fléole des prés et le brome des prés étaient prédominants pour les graminées. Le trèfle blanc et la luzerne étaient les espèces dominantes au niveau des légumineuses. La très faible concentration en fibres ADF (27 %) de ce fourrage ainsi que la digestibilité élevée de la fibre NDF effectuée en 30 heures (66 %) et 48 heures (71 %) confirment le niveau d'énergie très élevé (1,61 Mcal/kg) de ce foin de première coupe.

**Tableau 4. Valeur alimentaire du foin après séchage**

Unité	Valeur	Unité	Valeur
<b>Matière sèche (%)</b>	<b>85,83</b>	<b>Sucre (%)</b>	<b>9,91</b>
<b>Protéine brute (%)</b>	<b>17,18</b>	Cendre (%)	11,13
ADICP (%)	1,03	Calcium (%)	0,97
P. soluble (% PB)	22,80	Phosphore (%)	0,37
P. dégradable (% PB)	61,40	Potassium (%)	3,00
NDICP (%)	2,58	Magnésium (%)	0,23
<b>Fibre ADF (%)</b>	<b>26,86</b>	Soufre (%)	0,23
<b>Fibre NDF (%)</b>	<b>44,80</b>	UNT (%)	70,55
NDFD30 (%)	66,03	<b>ENL (Mcal/kg)</b>	<b>1,61</b>
NDFD48 (%)	71,27	ENE (Mcal/kg)	1,55
Lignine (%)	2,97	ENG (Mcal/kg)	0,83
HCNS (%)	10,96	Amidon (%)	1,05
Gras (%)	3,49		

## 5. Comparaison économique de trois systèmes

Le tableau 5 présente un estimé des coûts d'exploitation pour un volume de fourrage récolté de 600 TMS de foin par année selon trois systèmes de récolte et d'entreposage des fourrages : silo-presse, silo-tour et séchage en cellules. Le système de silo-tour a été choisi pour être comparé au système de séchage en cellules, parce qu'il était auparavant utilisé par la Ferme Brawer SENC. Quant au système de silo-presse, il est utilisé par des entreprises laitières situées dans la région du Centre-du-Québec et ce système était également utilisé par la Ferme Brawer auparavant. L'utilisation des deux systèmes, spécialement celui des silos-tours, est très répandue au Québec. Le coût d'exploitation permet de comparer ces systèmes sur un même pied d'égalité. Cependant, pour évaluer avec plus de justesse le coût de production du séchage en cellules pour la Ferme Brawer SENC, il faudra attendre que l'entreprise atteigne sa vitesse de croisière et qu'elle soit en mesure de récolter suffisamment de fourrage pour nourrir l'ensemble des 80 vaches et des sujets de remplacement, ce qui n'a pas été le cas en 2013. De plus, les résultats de l'analyse de groupe permettront d'évaluer avec plus de précision le coût de production réel de ce fourrage, comparativement aux autres fermes laitières incluses dans l'analyse de groupe de la région du Centre-du-Québec.

**Tableau 5. Coûts d'exploitation de trois systèmes de récolte et d'entreposage**

	Unité	Silo-presse	Silo-tour	Séchage en cellules
<b>Coûts variables</b> (main-d'œuvre, opération culturale, diesel, assurances, entretien, électricité, entreposage)	\$/année	46 480	39 924	45 020
	\$/TMS	77	67	75
<b>Coûts fixes</b> (taxes foncières, assurances, entretien des bâtiments)	\$/année	3 267	7 358	12 782
	\$/TMS	5	12	21
<b>Amortissement</b>	\$/année	32 527	38 489	47 296
	\$/TMS	54	64	79
<b>Total des coûts d'exploitation</b>	\$/année	<b>82 274</b>	<b>85 771</b>	<b>105 098</b>
	\$/TMS	<b>137</b>	<b>143</b>	<b>175</b>

En ce qui concerne les coûts variables des trois systèmes d'alimentation, le séchage en cellules obtient une valeur qui est légèrement inférieure au silo-presse, mais plus élevée que le silo-tour. C'est au nouveau des coûts fixes et de l'amortissement que le système de séchage en cellules se démarque en raison de l'importance de l'investissement requis pour bâtir un tel système, comparativement aux deux autres modes d'entreposage. Le calcul des coûts d'exploitation théorique basé sur une récolte de 600 TMS indique que le silo-presse est le système le moins coûteux (137 \$/TMS), et le séchage en cellules le plus dispendieux (175 \$/TMS). Le système utilisant le silo-tour est intermédiaire (143 \$/TMS).

Le tableau 6 présente également un estimé des coûts d'investissement pour 600 TMS de foin par année pour ces trois systèmes.

**Tableau 6. Résumé des investissements (bâtiments et équipements)**

	Silo-presse	Silo-tour	Séchage en cellules
<b>Total (\$)</b>	493 714	654 531	913 087
<b>\$/TMS</b>	823	1 091	1 522

## 6. Conclusion

Les résultats obtenus lors des essais de 2013 démontrent plusieurs avantages de cette technique de séchage, soit une bonne efficacité de récolte, une mécanisation de la récolte et de l'alimentation du troupeau et un séchage rapide du foin permettant l'obtention d'un fourrage d'excellente qualité. En effet, une teneur en eau inférieure à 15 % a été obtenue après environ trois jours et demi de séchage pour une épaisseur d'environ 2 m de foin dans les cellules. Voici donc quelques éléments à surveiller afin de maximiser l'efficacité du système :

- Si le foin est trop humide (teneur en eau > 35 %) et le chargement trop compacté dans la remorque autochargeuse, cela risque de favoriser la formation de galettes et le développement des moisissures dans les cellules de séchage;
- Réaliser un démarrage séquencé des moteurs électriques pour réduire les frais liés à l'appel de puissance (> 50 kW) de la facture d'électricité;
- Manipuler le foin avec la griffe dans les cellules (au besoin) pour défaire les mottes plus compactées et humides.

Le chantier de récolte de foin en vrac est assez rapide. Comparé à un chantier de balles rondes enrubannées individuellement, il est 40 % plus rapide. En ne considérant que la récolte (chargement et déchargement), il serait deux fois plus rapide. Ces opérations sont entièrement mécanisées et un chantier bien équilibré ne nécessite que deux personnes, soit une sur l'autochargeuse et l'autre sur la griffe.

Par ailleurs, les coûts d'investissement et d'exploitation liés au séchage par déshumidification sont importants, en comparaison avec d'autres méthodes de récolte et d'entreposage du foin. Cependant, les avantages d'un système de séchage du foin pour la santé du troupeau et la valeur ajoutée du lait pourraient possiblement compenser ces coûts supérieurs. Ainsi, il serait pertinent d'évaluer plusieurs systèmes de séchage du foin selon les conditions spécifiques (rendements, mode d'alimentation, hectares, etc.) de différentes entreprises agricoles et les bénéfices à moyen terme sur la production de lait, la santé du troupeau (taux de réforme, frais vétérinaires, etc.), la qualité fromagère du lait et la rentabilité pour les prochaines années. La comparaison du coût de production de ce fourrage à la moyenne du groupe de gestion pour la région du Centre-du-Québec, lorsque la Ferme Brawer SENC aura atteint sa vitesse de croisière, permettra aussi de vérifier l'intérêt économique d'adopter un tel système pour une ferme laitière.

## Références

ADEME, 2011. *Utilisation rationnelle de l'énergie pour le séchage des grains et des fourrages*, Rapport final, Séchage des fourrages.

Atlas agroclimatique du Québec, 2012.

Carrier, M., 2012. *Le séchage en grange du foin à l'énergie solaire*, INPACQ Lait biologique 2012.

Conférences de la journée sur le séchage des fourrages, 5 mars 2014, Victoriaville, [http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/centreduquebec/journeesinpacq/Pages/archivesINPACQSec\\_hagedesfourrages.aspx](http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/centreduquebec/journeesinpacq/Pages/archivesINPACQSec_hagedesfourrages.aspx).

Lafrenière, C., P. Drouin et H. Antoun, *Ensilages butyriques et production fromagère*, Le producteur de lait québécois, Juillet/août 2008, p. 33-36.

Wikipédia, *Séchage en grange* (page consultée le 17 janvier 2014).

## Remerciement aux partenaires financiers et de réalisation



Programme d'appui pour un secteur agroalimentaire innovateur :

*Cultivons l'avenir, une initiative fédérale-provinciale-territoriale*



Canada

Agriculture, Pêcheries  
et Alimentation

Québec

Consultant en agroéconomie <sup>3</sup>

Ferme Brawer SENC <sup>5</sup>

## Contact pour information

Xavier Desmeules, agronome  
Tél. : 418 480-3300, poste 229  
[xavier.desmeules@agrinova.qc.ca](mailto:xavier.desmeules@agrinova.qc.ca)