

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

OUTIL DE BALANCEMENT DE LA VENTILATION POUR DU FOIN EN VRAC PLACÉ EN PLUSIEURS CELLULES VENTILÉES

Projet No. 1819-4051-CN04

RAPPORT FINAL

Réalisé par :

Charles Trottier, Fromagerie des Grondines/Ferme AACAT SENC

Le 14 mars 2019

Ce projet de recherche a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, dans le cadre du Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région.

Québec 

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

OUTIL DE BALANCEMENT DE LA VENTILATION POUR DU FOIN EN VRAC PLACÉ EN PLUSIEURS CELLULES VENTILÉES

Résumé du projet

Le projet a été réalisé à la Ferme AACAT SENC, localisée à Grondines, dans Portneuf. Il a permis de développer une méthode simple de balancement de la ventilation desservant 5 cellules d'un séchoir de foin en vrac avec plenum de distribution commun. Le dispositif permet de calibrer le débit volumétrique spécifique d'air dans la cellule en fonction de la hauteur de foin emmagasiné. L'ajustement du débit volumétrique spécifique se fait au moyen d'une charte de décision, de manomètres et de volets manuels de distribution d'air.

Objectifs du projet

Le but du projet est de développer une méthode simple de balancement de l'air pour s'assurer d'un bon séchage du foin en vrac dans un séchoir multi-cellules avec plenum de distribution commun.

Description des installations d'élevage

Le bâtiment ciblé pour la réalisation du projet est une installation d'élevage laitière localisée à proximité de la Fromagerie des Grondines. C'est une grange-étable froide à stabulation libre avec alimentation sur foin sec en vrac (Figure 1). La particularité de ce type de bâtiment, présentement unique au Québec, est que le foin engrangé en vrac est distribué directement de la cellule à l'allée d'alimentation à l'aide d'une griffe. La Ferme AACAT SENC dispose d'un troupeau laitier constitué de 50 à 60 vaches de race suisse brune. Tout le lait produit sert à la production de fromages.

Le séchoir, qui constitue également la réserve, est constitué de 5 cellules, soit 3 de 10,97 mètres (m) sur 10,97 m et 2 de 10,36 m sur 10,97 m, construites avec un plancher ajouré ou caillebotis et pouvant loger de 60 à 70 tonnes de foin sec en vrac. Le séchoir est aussi doté de 5 ventilateurs de 16 000 pieds cubes par minute (pi^3/min), pour une capacité totale de ventilation de 80 000 pi^3/min , avec plenums négatifs et positifs en commun pour toutes les cellules. L'agencement en plenum positif commun donne, entre autres, la possibilité de rediriger un surplus de ventilation là où il y a des besoins.

Méthodologie adoptée pour le balancement de l'air dans chacune des cellules

En règle générale, en matière de chauffage, de ventilation et de climatisation, on considère que les systèmes opèrent à haute vitesse ou à basse vitesse. Les systèmes à basse vitesse sont ceux qui opèrent à des débits volumétriques spécifiques d'air (DVS) de moins de 15 mètres par seconde (m/sec), ce qui équivaut à 2000 pieds par minute (pi/min), sous une pression statique inférieure à 51 millimètres (mm) d'eau (2 pouces d'eau). Le système à basse vitesse caractérise donc bien l'installation de la Ferme AACAT SENC où les DVS recherchés sont de moins de 3,8 m/sec à 12,5 mm d'eau en aspiration et 7,6 m/sec à 63 mm d'eau, sous pression, dans la masse de foin à sécher.

Figure 1 : Vue de l'étable froide à stabulation libre avec, à gauche, une partie des cellules d'emmagasinement du foin en vrac et, à droite, l'allée d'alimentation de la stabulation libre.



Dans une conduite simple, la pression et la vitesse en un point précis équivalent à la pression et la vitesse en un autre point auxquelles on soustrait les pertes ou les gains survenus entre les deux. Pour un système doté de plusieurs branches, il est plus facile de balancer arbitrairement celui-ci par l'action de volets manuels pouvant créer une perte de pression artificielle.

Le moyen préconisé dans le cadre de ce projet est donc d'ajuster la pression statique, sous chacune des cellules, par balancement. On peut ainsi générer la vitesse d'air verticale désirée à travers la masse, peu importe la hauteur de foin entreposé. C'est à l'aide d'une charte décisionnelle (Figure 2), de laquelle on détermine le DVS convoité, de portes de distribution (Figure 3) et de manomètres (Figure 4) qu'il est possible de balancer ponctuellement la ventilation. Cette charte, adaptée des travaux de **Guertin (1991)**, permet de balancer le DVS entre les cellules. Ces dernières sont remplies en couche de 1 à 1,5 m de haut à la fois et une fois qu'elles sont remplies, le foin peut se confiner de quelques mètres durant la période de séchage d'environ 14 jours. La lecture des manomètres permet de corriger les ouvertures de portes de distribution en fonction des DVS désirés.

Figure 2 : Charte du débit volumétrique spécifique en fonction de la hauteur de foin dans les cellules et de la pression statique nécessaire (adapté de Léon Guertin et al. 1986).

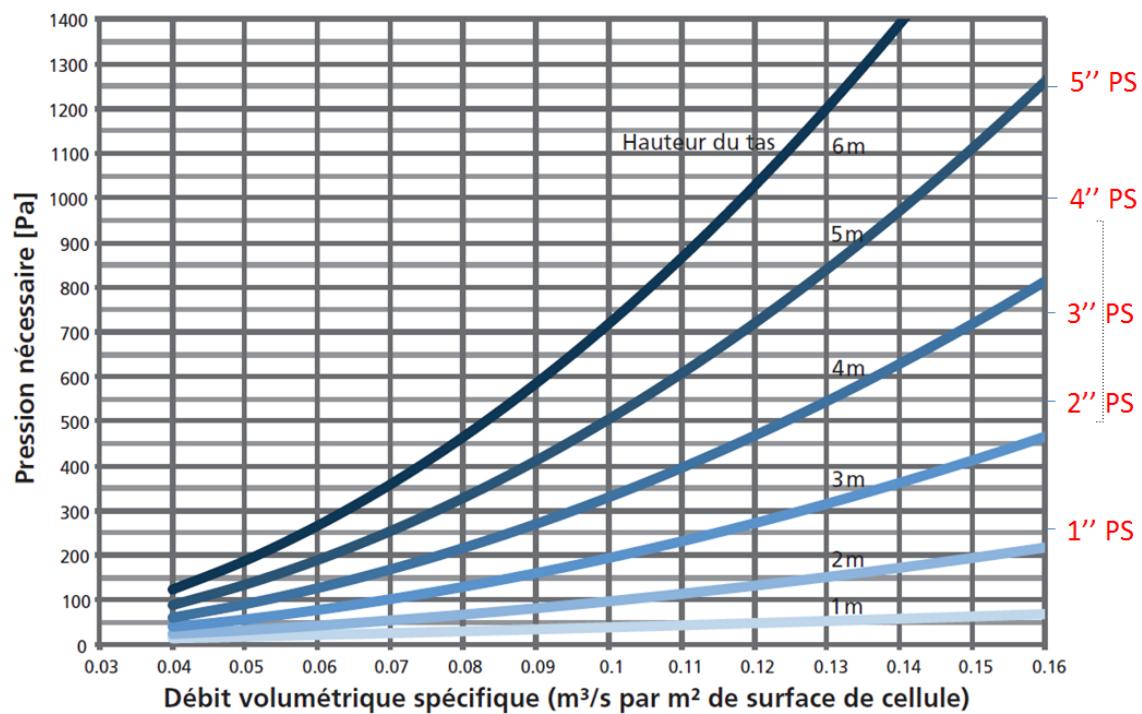


Figure 3 : Vue d'une portion du plenum commun de distribution au moment de la construction avec les clapets de distribution de la cellule # 1. La tubulure de 3/16 po permet la mesure de la pression statique sous la cellule #1.



Le projet a nécessité l'achat de 7 manomètres Dwyer Mark II-25 (voir Figure 3) donnant une lecture entre 0 et 3 po d'eau. Les manomètres de lecture ont été installés sur un seul panneau de contrôle qui est situé sur un mur facilement accessible dans le plenum commun positif. Chacun des manomètres associés aux cellules a été relié à la base des cellules, soit l'espace sous les caillebotis, par une tubulure de 3/16 po. Outre ceux associés aux 5 cellules, des manomètres ont été installés dans le plenum commun négatif (aspiration) et à celui du plenum commun de distribution, avec le même type de tubulure.

VALIDATION DU DÉBIT EN UTILISANT LA CHARTE DÉCISIONNELLE DE VENTILATION

Au moment des essais, le séchoir était toujours en construction et seule la cellule # 2 était remplie de foin en vrac. La cellule # 1 contenait partiellement des balles de paille alors que les cellules # 3, # 4 et # 5 étaient partiellement construites. L'ensemble des cellules ont par ailleurs été achevées au début de l'automne 2018.

Des mesures ont été prises le 26 juillet 2018 dans la cellule # 2 (Figure 5) où était entreposée une épaisseur de 1,5 à 2,5 m de foin relativement frais en situation de séchage. En ce qui concerne les portes de distribution, celles de la cellule # 2 étaient complètement ouvertes alors que celles des autres cellules étaient fermées. Pour les besoins de l'échantillonnage, un seul ventilateur était en marche. Quant à l'ajustement convoité, un DVS de 6 cm/sec était anticipé sous une pression statique observée de 50 Pascals (Pa) ou 1/5 po.

C'est à l'aide d'un anémomètre à fil chauffant (Figure 6A), rendu disponible par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, qu'il a été possible de mesurer les différents DVS en plusieurs points de la cellule (Figure 5B). Le résultat de l'échantillonnage est colligé dans le Tableau 1. Bien qu'il était initialement prévu de prendre 18 mesures dans la cellule selon un quadrillage précis, c'est plutôt 15 mesures de DVS qui ont été prises durant l'échantillonnage, dont 3 près des murs pour vérifier l'uniformité de la distribution de l'air. Le DVS moyen obtenu pour cet échantillonnage est de 5,44 cm/sec. Bien que le DVS moyen montre une certaine corrélation avec le DVS anticipé, on remarque une grande variabilité entre les différents points de mesure, constat en lien direct avec le manque d'uniformité dans la distribution de foin dans les cellules.

Dans les faits, le séchage au moment de l'échantillonnage n'était pas adéquat. En effet, les zones où l'épaisseur du foin était faible étaient tout simplement surventilées et les vitesses d'air pouvaient atteindre plus de 10 cm/sec (zones de fuites). Quant aux zones en surépaisseur, elles étaient sous ventilées avec des DVS inférieurs à 4 m/sec.

Les mesures prises le 26 juillet 2018 constituaient un essai préliminaire de calibration de la ventilation. En effet, comme il y a eu un certain retard dans la construction et l'achèvement du séchoir, seuls quelques chantiers de foin ont eu lieu en 2018. L'exercice aura toutefois permis un certain apprentissage du nouveau mode de gestion des fourrages en foin en vrac adopté par l'entreprise. Entre autres, il faut porter une attention particulière à la façon dont on dispose le foin dans la cellule. La saison de culture 2019 nécessitera un accompagnement supplémentaire et de nouvelles mesures, cette fois sur 3 ou 4 coupes de foin, ce qui devrait somme toute amener une meilleure compréhension de la méthode de balancement au séchage.

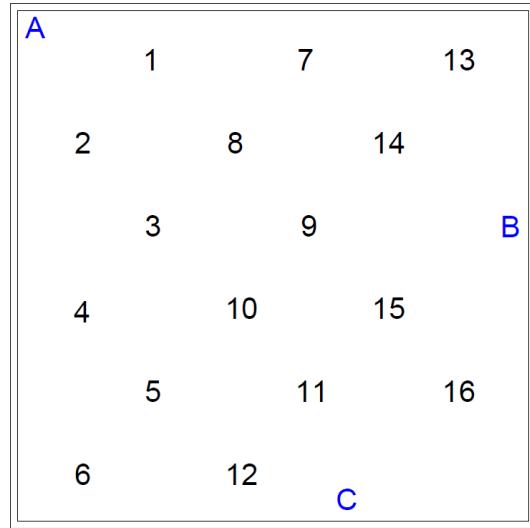
Figure 4 : Panneau de contrôle des 7 manomètres installés dans le plenum commun positif, dont 5 permettent de déterminer le débit volumétrique spécifique à chacune des cellules.



Figure 5 : Vue en plongée de la cellule # 2 en phase de séchage.



Figure 6 : A) Anémomètre à fil chauffant avec cône de mesure; B) plan d'échantillonage de la cellule # 2



A)

B)

Tableau 1 : Synthèse des différentes mesures de DVS dans la cellule # 2.

Point de mesure	DVS mesuré ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-sec}$)	Point de mesure	DVS mesuré ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-sec}$)
1	0,45	11	0,32
2	0,52	12	0,29
3	0,5	13	0,5
4	0,5	14	0,41
5	-	15	0,32
6	-	16	0,37
7	1,05		
8	-	A*	1,0
9	-	B*	0,78
10	0,3	C*	0,85

DVS moyen de 0,544 m/sec

*Les mesures A, B et C ont été prises près des parois de la cellule.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Une fois bien calibré, ce dispositif pourra être facilement installé pour le balancement de séchoirs similaires sur des entreprises produisant du foin en vrac. Avec l'expérience acquise et les résultats obtenus en 2018 dans le cadre de ce projet, et en 2019 avec la poursuite temporaire de

l'accompagnement, ce type d'outil pourra être utilisé par d'autres entreprises comme celles produisant commercialement du foin sec en petites et grosses balles, en foin surcompressé pour le marché local et l'exportation.

PERSONNE-RESSOURCE POUR INFORMATION

Charles Trottier
Fromagerie des Grondines/Ferme AACAT SENC
270, rang 2 Est
Grondines (Québec) G0A 1W0
Courriel : charlesatrottier@gmail.com

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

L'auteur tient à remercier le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) pour son support technique et financier tout au long de la réalisation de ce projet.

L'auteur tient à adresser des remerciements particuliers à M. Jocelyn Marceau, ingénieur à la Direction régionale de la Capitale-Nationale du MAPAQ, pour sa grande disponibilité et son suivi durant la mise sur pied et la réalisation de ce projet de même que durant la construction de la nouvelle grange-étable. Sans l'appui technique de pointe et les connaissances de M. Marceau, il aurait été très difficile de réaliser un tel projet de construction, basé sur l'innovation.

SIGNATURE



Charles Trottier



Date

BIBLIOGRAPHIE

Guertin, Léon A.1991. Le séchage des balles de foin denses à basse température. Département de génie rural, Collège Macdonald. 81 pages + annexes.