

Séchage des balles rondes

Faisabilité et rentabilité

Martin Holpp, Agroscope FAT Tänikon, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles, CH-8356 Ettenhausen

Quel que soit le type d'installations, les balles rondes sont plus faciles à sécher lorsque leur taux de matière sèche (MS) est au moins de 65 % ou mieux de 70 %. Toutefois, la durée de séchage plus importante des balles au champ les désavantage par rapport aux systèmes de foin ventilé qui peuvent, eux, être alimentés avec un produit de récolte de 50-60 % de MS. Les balles de grand diamètre (à partir de 1,50 m) et d'une faible densité homogène, d'env. 100 kg/m³ sont assez faciles à sécher. Par rapport au foin séché au sol qui peut être pressé jusqu'à 200 kg/m³, la quantité de balles est quasiment double. Le volume de stockage nécessaire est équivalent à celui du foin en vrac qui est stocké, lui, avec une densité de 70-100 kg/m³.

Etant donné le séchage hétérogène dû aux systèmes de ventilation et à la difficulté de contrôler la progression du séchage, les balles devraient affi-

cher au moins en moyenne un taux de MS de 90 % à l'issue du séchage. Cette estimation exige une certaine expérience; les sondes utilisées pour mesurer l'humidité des balles fournissent parfois des valeurs peu fiables. Le fait de retourner les balles en cours de séchage favorise un séchage plus homogène.

La consommation d'énergie est comprise entre 40 et 120 kWh/dt MS. Cet écart important s'explique par la différence de construction et de capacité des installations.

Pour le séchage des balles, il fallait compter en moyenne 1,1 MOh/ha.

Comme le procédé est effectué par étapes, le nombre de places de séchage constitue le facteur qui limite le volume de récolte maximum par jour. Sachant que la première coupe en mai est en général celle qui offre le

moins de jours de récolte avec peu de risques météo, la capacité de l'installation doit être conçue spécialement pour la quantité de récolte durant cette période. Seules les installations suffisamment grandes, de plus de 16 places, permettent de réaliser des économies en terme de main-d'œuvre et de gestion grâce à l'exploitation de surfaces plus importantes.

La comparaison des différents procédés a montré que la ventilation du foin en vrac a des avantages (rendement de séchage supérieur et coûts variables réduits en raison d'une faible consommation d'énergie), que le séchage des balles rondes n'arrive pas à compenser, même si les investissements sont moins importants pour cette technique.

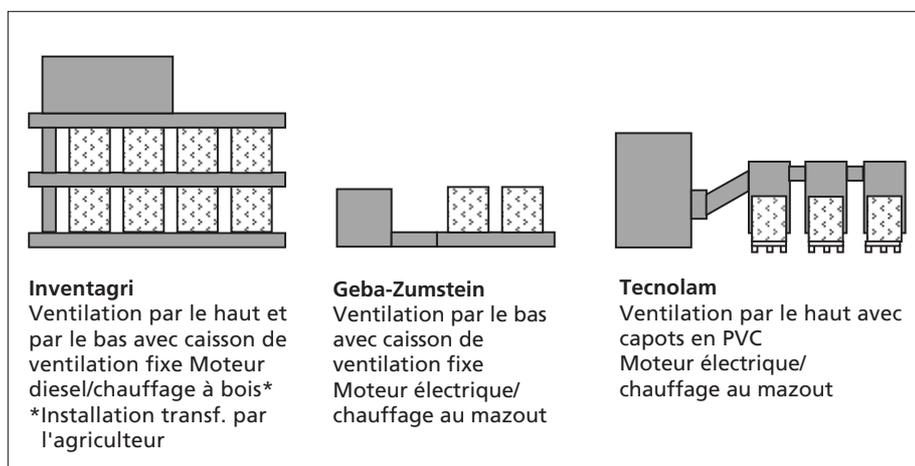


Fig. 1: Conception des installations.

Sommaire	Page
Problématique	2
Description des systèmes	2
Réalisation de l'essai	4
Résultats	4
Conclusions	9
Bibliographie	10

Problématique

Dans l'agriculture, les grosses balles rondes et rectangulaires s'imposent de plus en plus. Les presses, les véhicules de chargement performants (chargeur frontal, chargeur tracté, chargeur télescopique), ainsi que les mélangeuses et distributeurs utilisés pour l'ensilage, le foin et la paille mettent à disposition des agriculteurs des engins performants de la parcelle à l'étable. Les exigences relatives aux stocks sont minimes, les balles peuvent être stockées dans les bâtiments existants ou empilées en plein air ou sous une bâche. Les exploitations agricoles qui fournissent du lait pour les fromages à pâte dure à base de lait cru, n'ont pas le droit d'utiliser de l'ensilage. Il leur faut donc nécessairement du foin de première qualité. Au printemps et lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises, il est souvent impossible de sécher complètement le foin au sol. Il faut encore le sécher a posteriori. La technique nécessaire à la ventilation du foin en vrac existe depuis des décennies et est utilisée avec succès. Pour conserver également un foin de haute qualité avec des balles rondes, il faut soit le presser avec un taux de MS élevé, soit ventiler les balles a posteriori. Durant l'été 2003, Agroscope FAT Tänikon a testé trois types d'installations de trois fabricants différents dans la pratique. Les aspects qui ont été étudiés sont les suivants: propriétés et qualité de séchage, consommation d'énergie, temps de travail nécessaire, répercussions sur l'organisation de l'exploitation et rentabilité. Pour mieux les évaluer, les systèmes de séchage ont ensuite été comparés avec la ventilation du foin en vrac en ce qui concerne la gestion de l'exploitation et l'organisation du travail.

Description des systèmes

Sur le principe, le procédé est le même que celui de la ventilation du foin en vrac: l'air comprimé par un ventilateur est dirigé à travers des canaux sur la face plane des balles. Là il suit la ligne de la moindre résistance et ressort sur la face arrondie ou sur la face plane opposée.

Contrairement à la ventilation du foin qui se déroule en continu sur plusieurs jours et semaines, les balles rondes, elles, sont séchées par étape dans le cadre d'un cycle de séchage compris en moyenne entre huit et 24 heures, jusqu'à ce qu'elles atteignent un taux d'humidité maximale permettant de les stocker. La ventilation avec de l'air froid dure plus longtemps qu'avec de l'air chaud. Lorsqu'il fait froid et que l'air est humide, un chauffage supplémentaire est nécessaire. On utilise généralement des brûleurs à mazout. Suivant le système, le fait de retourner les balles raccourcit le temps de séchage et rend la qualité de séchage plus homogène. Les systèmes actuellement disponibles sur le marché peuvent être répartis grossièrement en trois catégories: ventilation par le haut et par le bas (par exemple, entreprise Inventagri), ventilation par le bas (par exemple, entreprise Geba-Zumstein) et ventilation par le haut (par exemple, entreprise Tecnomal). Les systèmes (fig. 1) se distinguent d'une part, par leur conception et d'autre part, par leur prix d'achat.

Système de séchage Inventagri

Les caissons de ventilation constituent l'élément porteur de l'installation. Ils s'abaissent et se relèvent hydrauliquement. Trois caissons sont superposés les uns au-dessus des autres, de manière à pouvoir sécher deux rangées de balles depuis les deux faces planes opposées (fig. 2 et 3). Les ouvertures d'aération ont un diamètre d'environ 80 cm. Pour éviter

que l'air ne s'échappe au niveau des faces planes, les balles sont placées sur des anneaux en métal qui se pressent dans le fourrage.

Un moteur diesel entraîne le ventilateur placé sur le caisson de ventilation supérieur. Sur les modèles de série, l'air est chauffé avec un brûleur à mazout. En option, il est également possible d'installer un brûleur à gaz ou un échangeur thermique à eau chaude.

L'installation testée par la FAT a une capacité de huit balles. Il s'agit d'un modèle de série modifié. L'agriculteur a en effet remplacé le moteur d'origine par un moteur plus puissant. L'air est chauffé par les échangeurs thermiques nécessaires au

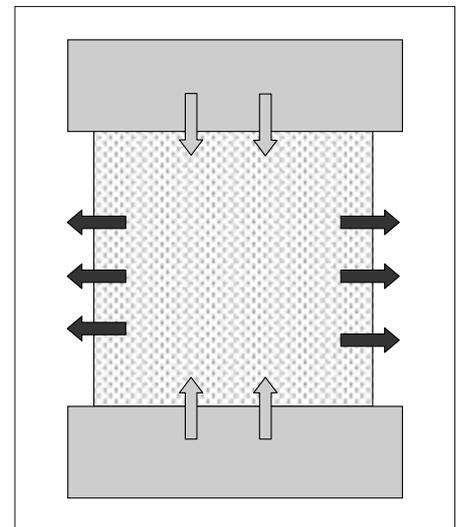


Fig. 2: Principe de séchage Inventagri: ventilation par le haut et par le bas avec sortie d'air du côté arrondi des balles.



Fig. 3: Système de séchage Inventagri.

refroidissement de l'eau du moteur ainsi que par un chauffage à bois supplémentaire.

Le processus de séchage est commandé par un dispositif électronique, qui permet d'adapter la ventilation au foin à sécher et aux paramètres environnementaux. Des volets permettent de couper le flux d'air pour le plateau de ventilation central. Les balles ne sont ventilées que d'un côté (sur la face plane), par le caisson supérieur ou inférieur. L'air circule au centre de la balle là où elle est molle et ressort par la face plane qui n'est pas soumise à pression. Lorsque le cœur de la balle est sec, on referme les volets et l'air se répartit mieux vers les faces arrondies depuis les deux faces planes.

Avec ce type d'installation, il n'est pas possible d'accroître le nombre de balles ultérieurement. La conception de l'installation lui permet de fonctionner en plein air. La mise en place de bâches supplémentaires sur les côtés protège de la pluie et de l'humidité nocturne.

Les systèmes proposés par le même fabricant aujourd'hui sont plus développés et permettent de ventiler huit à 24 balles sur deux niveaux et en deux rangées placées l'une derrière l'autre.

Système de séchage Geba-Zumstein

Le caisson de ventilation n'a qu'un seul étage, les balles sont placées en deux rangées l'une derrière l'autre (fig. 4). Des segments de ventilation à quatre places peuvent être ajoutés les uns aux autres jusqu'à former une installation d'une ca-

pacité de 32 balles. L'air arrive par un canal en forme de coin placé à l'arrière, dans lequel des tôles défectrices ont été vissées. Les balles sont également placées sur des anneaux en métal, pour éviter que l'air ne s'échappe lorsqu'il passe du caisson aux balles. Sur la face plane supérieure, les balles sont couvertes d'un couvercle en bois mobile. L'air pénètre dans les balles par le bas par une ouverture d'environ 80 cm de diamètre et ressort par le côté arrondi (fig. 5). Le ventilateur entraîné par un moteur électrique est bridé à la conduite d'air et sa taille est adaptée au nombre de places de séchage. Sur cette installation, sa puissance est de 4 kW. L'air est chauffé par un brûleur mobile, placé à l'extérieur. Une soufflerie envoie l'air via un tuyau souple d'environ 50 cm de diamètre jusqu'à l'ouverture d'aspiration du ventilateur.

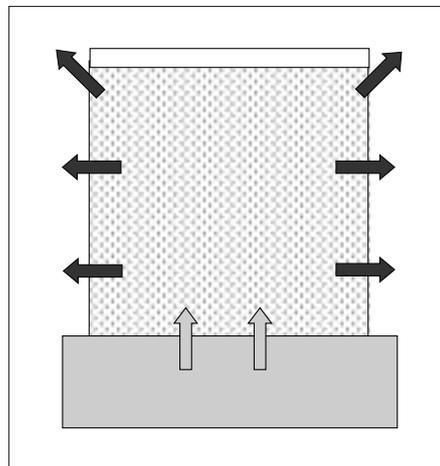


Fig. 5: Principe de séchage Geba-Zumstein.



Fig. 4: Système de séchage Geba-Zumstein: ventilation par le bas avec couvercle en bois sur la face plane supérieure et sortie d'air du côté arrondi des balles.

La commande d'aération se limite à un interrupteur marche-arrêt pour le ventilateur et le brûleur. Le processus de séchage est contrôlé par l'opérateur.

Abritée comme il se doit, l'installation peut également fonctionner en plein air. La conception modulaire de l'installation permet de l'adapter relativement facilement à la puissance de séchage requise. Par ailleurs, le chauffage peut également être utilisé en hiver pour chauffer l'atelier par exemple. L'installation testée peut sécher quatre balles.

Système de séchage TecnoLam

L'installation se compose d'un bloc compact et isolé, qui abrite le ventilateur, le moteur électrique et le brûleur à mazout. Les canaux et capots de ventilation sont composés de tissus plastifiés (fig. 6). L'air arrive par un distributeur équipé de clapets d'obturation jusqu'aux canaux de ventilation dont le nombre peut aller jusqu'à quatre. Les capots peuvent être relevés à l'aide d'un système de câble placé sur un bras métallique. En dessous, au niveau des balles, une sangle d'arrimage ferme le tout de manière hermétique. Pendant le séchage, les balles sont placées sur des palettes en bois pour faciliter l'évacuation de l'air et de l'humidité. Un fond intermédiaire avec des trous placés aux extrémités est disposé à l'intérieur des capots d'aération. Grâce à cette technique, l'air pénètre principalement dans les zones périphériques les plus denses et pas directement au cœur de la balle. Le système avec capot fait qu'une partie de l'air pénètre également dans les balles depuis la partie

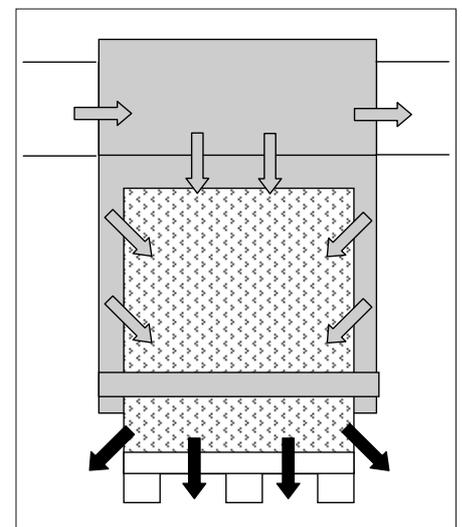


Fig. 7: Principe de séchage TecnoLam.



Fig. 6: Système de séchage Tecnolam: ventilation par le haut avec capot et sortie d'air sur la face plane inférieure des balles.

arrondie et permet donc de sécher les balles dont la zone périphérique est dense (fig. 7).

Depuis l'armoire de commande, il est possible de régler la température de chauffage, ainsi que la durée de fonctionnement du ventilateur et du chauffage.

L'installation est conçue pour fonctionner à l'extérieur. En cas de pluie, la partie des balles non protégée par les capots peut toutefois être mouillée. C'est pourquoi il est recommandé d'installer un abri supplémentaire.

L'installation testée à une capacité de neuf balles alimentées par trois canaux. Il est possible d'agrandir l'installation en rallongeant les rangées ou en ajoutant une rangée supplémentaire.

Le fabricant propose non seulement un entraînement du ventilateur par un moteur électrique, mais aussi un entraînement à la prise de force par le tracteur. La chaleur fournie par l'eau de refroidissement et les gaz d'échappement réchauffe le flux d'air. Cette technique permet d'installer le dispositif loin de la ferme ou de l'utiliser même là où la puissance connectée du réseau d'alimentation est faible.

Réalisation de l'essai

Lors de la deuxième et de la troisième coupe de juillet à septembre 2003, un total de 56 balles a été pressé en huit phases de séchage. Un total de 24 balles a été séché sur Inventagri en trois cycles. L'installation Tecnolam a permis elle aussi de sécher 24 balles, mais en cinq cycles et enfin, huit balles ont été séchées sur

l'installation Geba-Zumstein en deux cycles.

Les mesures n'ont pas pu être effectuées avec du matériel absolument identique, car d'une part, les installations n'étaient pas toutes disponibles au même moment et que d'autre part, il y a eu des différences de fourrage et de pressage. La sécheresse a eu notamment une influence décisive sur la coupe. Ainsi en août, il n'y avait pratiquement plus de fourrage disponible.

Suivant les balles, le taux de MS au moment du pressage était compris entre 61 et 83 %. En moyenne, il s'élevait à 75 %. Le fourrage provenait de prairies temporaires et permanentes.

Deux modèles de presses de deux différents fabricants ont été utilisées pour l'essai. La presse à chambre fixe de la maison Orkel a un diamètre de 1,20 m pour 1,20 m de largeur, les balles sont molles au centre et dures en périphérie. Ces presses conviennent essentiellement pour le foin sec, la paille et l'ensilage. Leur densité de pressage est souvent supérieure à celle des presses à courroies. La presse à courroies de la maison Deutz-Fahr à chambre variable a une largeur de 1 m. Les balles d'un diamètre de 1,20 m et de 1,50 m affichent une densité relativement homogène. Le diamètre supérieur et le pressage moins serré conviennent également pour du matériel encore un peu humide.

Les balles produites par la presse à chambre fixe pesaient 388 kg ce qui correspond à une densité de pressage de \varnothing 209 kg/m³. Les balles produites par la presse à courroies affichaient, elles, un poids de 261 kg (densité de \varnothing 110 kg/m³) pour un diamètre de 1,50 m et un poids de 277 kg (densité \varnothing de 195 kg/m³) pour un diamètre de 1,20 m. Le poids supé-

rieur des balles plus petites s'explique par le fourrage fin et par des facteurs techniques.

Ces données permettent de dégager trois types de balles:

1. Courroies – d=1,50 m – faible densité – séché avec Inventagri et Tecnolam
2. Courroies – d=1,20 m – densité élevée – séché avec Geba-Zumstein
3. Chambre fixe – d=1,20 m – densité élevée – séché avec Inventagri et Tecnolam

Les types 2 et 3 sont très semblables, car les différences liées au processus de pressage disparaissent à cause de la densité élevée.

Tous les types de balles n'ont pas été séchés sur toutes les installations. C'est pourquoi seules des conclusions limitées peuvent être apportées en ce qui concerne le rendement de séchage de l'installation Geba-Zumstein.

Résultats

Pression des installations

La pression des installations (mesurée dans le canal de ventilation) dépend non seulement de la puissance du ventilateur, mais aussi de la densité des balles. Lorsque les balles sont denses, l'air circule moins bien et la pression obtenue est plus élevée qu'avec des balles pressées moins serrées où l'air circule mieux. Inventagri a atteint la valeur maximale, soit 20 mbar, Tecnolam a atteint une pression de 10-13 mbar et Geba-Zumstein de 5,5 mbar. Plus la pression est élevée, mieux les balles denses peuvent être ventilées.

Températures de séchage

Dans le cas des systèmes Inventagri et Geba-Zumstein, les températures de séchage avec chauffage, mesurées dans le canal de ventilation, étaient de 15-20 °C au-dessus de la température extérieure. Avec Tecnomlam, les températures peuvent atteindre jusqu'à 60 °C. Il est cependant recommandé de respecter les dispositions locales régissant l'utilisation des installations de séchage du foin (températures maximales, distances minimales, etc.), l'air ne devrait pas dépasser une température de 40 °C.

Il convient également d'attirer l'attention sur une particularité de l'installation Tecnomlam: le moteur électrique et le ventilateur étant placés ensemble dans un bloc isolé, ils dégagent à tous deux une chaleur qui permet d'augmenter la température de l'air en circulation à 12-15 °C sans avoir recours à aucun chauffage.

Durée et puissance de séchage

Le taux de matière sèche obtenu oscillait entre 79 et 99 %. Avec un taux de matière sèche compris au départ entre 61 et 84 %, la durée de ventilation variait de neuf à 26 heures. Durant le séchage, 26 à 96 kg d'eau se sont évaporés par balle. La puissance de séchage exprimée en kilogramme d'eau par heure et décitonne de matière sèche est 20-60 % plus élevée avec les balles peu denses qu'avec les balles très denses (tab. 1). On peut donc en conclure qu'avec l'installation Geba-Zumstein, dont le système de ventilation est comparable à celui de l'installation Tecnomlam, on peut s'attendre à une puissance de séchage supérieure d'au moins 20 % lorsque les balles sont peu denses. Les meilleures puissances de séchage d'Inventagri et de Tecnomlam s'expliquent non seulement par les températures ambiantes plus élevées au moment du séchage, mais aussi par une pression plus importante de l'installation. Dans le cas

d'Inventagri, la complexité de la construction avec des conduites d'air en haut et en bas apporte également des avantages supplémentaires.

Qualité de séchage

En prélevant des échantillons à différents endroits dans les balles, il est possible d'établir un modèle de séchage spécifique à chaque installation. Le séchage n'était jamais homogène. A certains endroits, le taux de matière sèche était supérieur à 95 %, à d'autres, il était inférieur à 70 %. La valeur minimale de 88 % nécessaire pour le stockage n'a pas toujours été atteinte (fig. 8).

Avec Inventagri, du fait de la ventilation parallèle depuis les deux faces planes de la balle, l'air pouvait uniquement s'échapper par les côtés arrondis. Lorsque les balles étaient grosses et peu denses, le séchage était relativement homogène. Mais lorsque les balles provenaient de la presse à chambre fixe et étaient dures en périphérie, l'humidité avait du mal à partir et s'accumulait sur les bords.

Avec le système Geba-Zumstein, c'était la même chose pour les balles très denses. La zone où l'air entrainait et le noyau de la balle étaient parfaitement secs. Par contre, la ventilation était insuffisante, essentiellement sur les bords. Sur la base des expériences réalisées, il faut s'attendre à ce que les grosses balles peu denses permettent d'atteindre un niveau de séchage similaire à celui des autres installations.

L'installation Tecnomlam présente un avan-

tage de par sa conception: l'air est en effet comprimé à la fois depuis la face plane de la balle et depuis son côté arrondi. Même les bords durs des balles sortant de la presse à chambre fixe ont pu être séchés. Par contre, la zone centrale a posé plus de problème, de même que la zone située au niveau de la sortie d'air, zone qui n'était pas suffisamment séchée. Les balles peu denses d'un gros diamètre ont été relativement bien séchées.

Dans l'ensemble, on peut retenir ceci: les balles de gros diamètre, d'une densité de pressage réduite et homogène sèchent nettement mieux que les balles de petit diamètre, avec une zone périphérique dure et une densité de pressage élevée. La faible densité permet également à l'humidité résiduelle de s'évaporer après le séchage une fois dans l'entrepôt. Lorsque la densité n'est pas homogène dans les balles, c'est toujours un inconvénient. Les compactages ponctuels dans les balles représentent également un risque. Ils entraînent en effet un séchage insuffisant de ces zones. En outre, il est à peine possible de sécher les zones compactées en prolongeant la durée de séchage, car l'air suit toujours la ligne de la moindre résistance.

A ce niveau, la densité des balles n'est pas la seule à poser problème, leur maintenance aussi. Du fait de leur gros diamètre et de leur faible densité, elles sont relativement difficiles à transporter avec la fourche à balles du chargeur frontal. Le pince-balles, lui, a tendance à les déformer et à les compacter. Lorsque le

Tab. 1: Puissance de séchage des installations

Système de pressage	Densité kg/m ³	Inventagri kg h ⁻¹ dt ⁻¹ TS	Geba kg h ⁻¹ dt ⁻¹ TS	Tecnomlam kg h ⁻¹ dt ⁻¹ TS
Presse à courroies Ø 1,50 m	110	1,9	-	1,4
Presse à courroies Ø 1,20 m	195	-	1,0	-
Presse à chambre fixe Ø 1,20 m	209	1,2	-	1,2

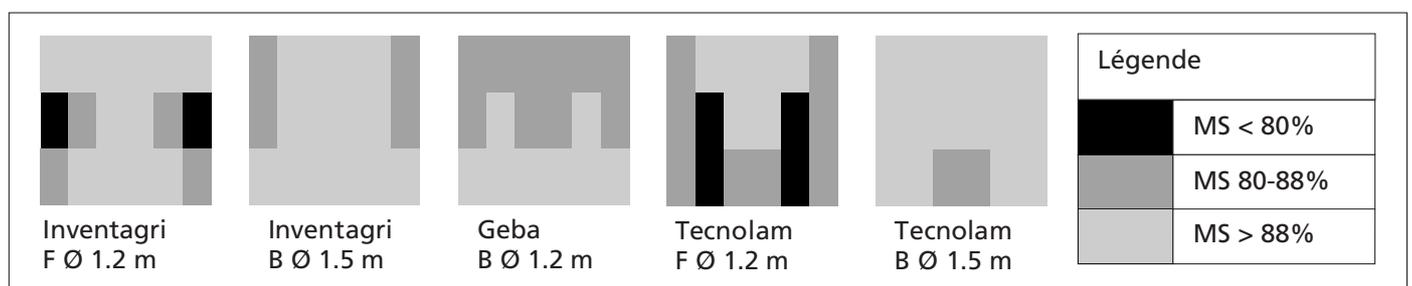


Fig. 8: Modèle de séchage des installations.

Tab. 2: Consommation d'énergie des installations

Consommation d'énergie	Inventagri	Geba	Tecnolam
Energie él. kWh/h	-	4	15
Energie él kWh/dt MS	-	8,4	14,1
Mazout l/h	4,9	5,2	2,9
Mazout l/dt MS	5,1	11,0	2,7
Mazout kWh/dt MS	52,36	113,05	27,37
Somme kWh/dt MS	52,36 + bois	121,45	41,47

Tab. 3: Coûts fixes et variables des installations

Rentabilité	Inventagri Bois	Inventagri Mazout	Geba 4	Geba 8	Tecnolam
Places de séchage	8	8	4	8	9
Investissements Fr.	50 000	50 000	15 000	23 000	31 000
Coûts fixes Fr./an	6265	6265	2217	3222	3884
Coûts fixes Fr./an et places	783	783	554	428	432
Electricité Fr./dt MS	-	-	2,1	1,6	3,0
Mazout Fr./dt MS	1,9	4,9	6,0	4,5	1,2
Coûts var. Fr./dt MS	1,9	4,9	8,1	6,1	4,2

Hypothèses:

Coûts fixes:

Amortissement 15 ans à 6,67 %, taux d'intérêt de 2,66 %, réparations 3 %, assurances 0,2 %, Coûts des bâtiments supplémentaires pour abriter l'installation Geba-Zumstein Fr. 22.50/m². Les locaux de stockage n'ont pas été pris en compte

Balles rondes:

Presse à courroies, Ø 1,50 m; poids 2,3 dt

Durée de séchage:

Inventagri 16 h; Geba-Zumstein 24 h; Tecnolam 20 h avec un taux de MS initial de 75 %.

Consommation d'énergie Balles rondes cf. tableau 2

Coûts énergétiques:

Electricité 0,20 Fr./kWh; mazout 0,43 Fr./l.

transport de la parcelle à la ferme se fait sans remorque, les balles encourent des dommages importants. C'est pourquoi pour que le séchage se fasse dans de bonnes conditions, les balles doivent être déplacées et transportées avec précaution.

Pour faciliter la comparaison, les balles n'ont jamais été tournées pendant les essais, durant aucune phase de séchage. Les résultats montrent que dans les installations qui ne ventilent que d'un côté, le fait de tourner la balle au tiers ou à la moitié du temps de séchage permettrait d'accélérer légèrement le processus de séchage et d'obtenir un résultat plus homogène.

Dans la pratique, il est difficile de contrôler la progression du séchage. Les sondes permettent certes de tester l'humidité dans des zones ciblées, mais les valeurs ne sont pas toujours très fiables. Il faut avoir une certaine expérience du séchage pour pouvoir évaluer l'état des balles.

Consommation d'énergie

La consommation d'énergie comprend le travail électrique et le mazout. Seule Inventagri fait exception, puisqu'elle est raccordée à un chauffage à bois. Le bois consommé n'a pas été pris en compte. Pour faciliter la comparaison, le calcul de rentabilité a ajouté une variante supplémentaire pour Inventagri en partant de la consommation de mazout de l'installation Geba-Zumstein à huit places.

Dans l'ensemble, les valeurs sont relativement éloignées les unes des autres (tab. 2). Dans le cas de Tecnolam, ces différences s'expliquent par le bloc d'entraînement isolé et dans le cas de Geba-Zumstein, par la capacité plus réduite de l'installation. D'un autre côté, c'est aussi le signe qu'il faut optimiser la taille et le réglage du moteur, du ventilateur et du chauffage les uns par rapport aux autres.

Temps de travail nécessaire

Le temps de travail nécessaire comprend le chargement et le déchargement, la mise en service de l'installation, le contrôle des balles, le changement de la citerne de mazout et les tâches d'organisations comme la mise à disposition de mazout. En moyenne, il faut compter 1,1 heures de main-d'oeuvre pour sécher les balles d'une surface d'un hectare (fig. 9). Le temps de travail se répartit de manière très variable entre les différentes phases, mais au total, il est assez similaire, quelle

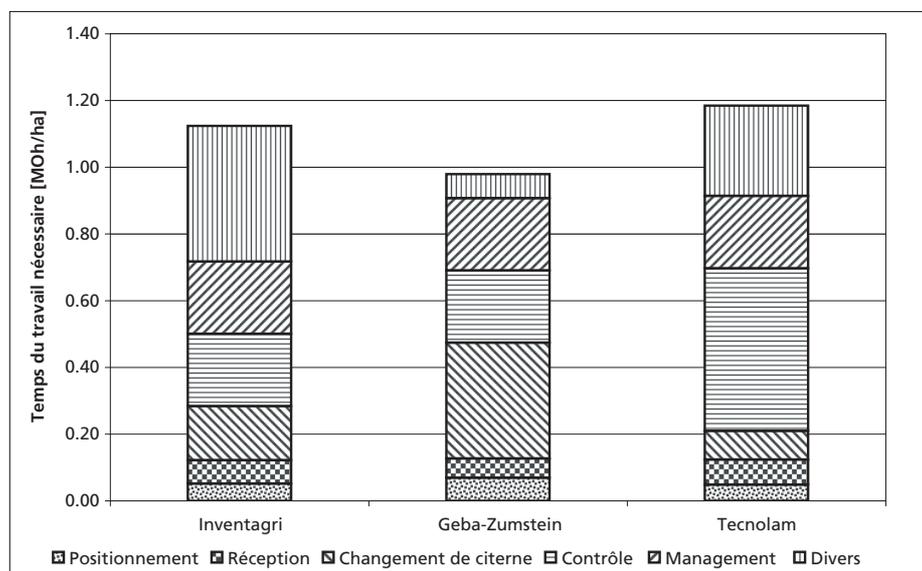


Fig. 9: Temps de travail nécessaire pour le séchage des balles rondes – hypothèses: 30 dt MS/ha; 2,25 dt MS/balles, 1,50 m; 13 balles.

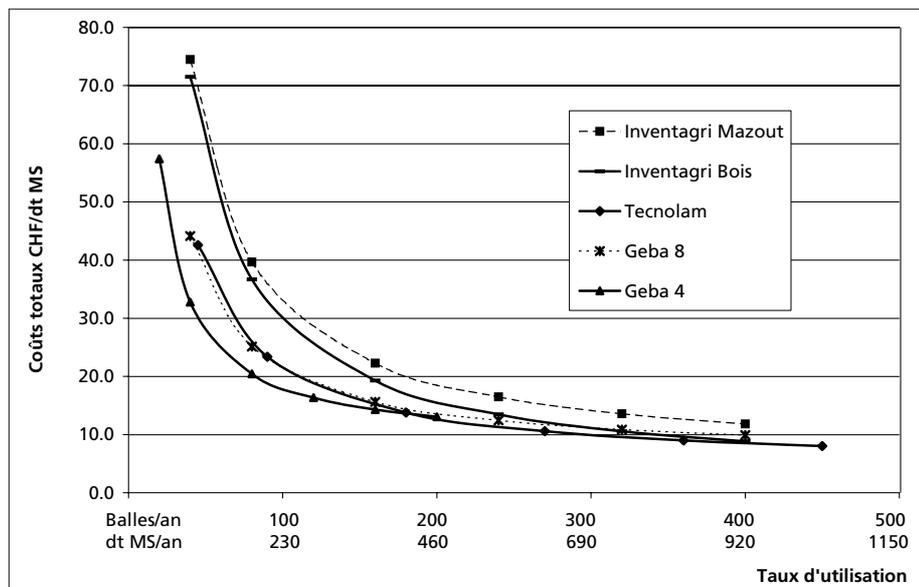


Fig. 10: Coûts totaux /dt MS en fonction du nombre de balles par an.

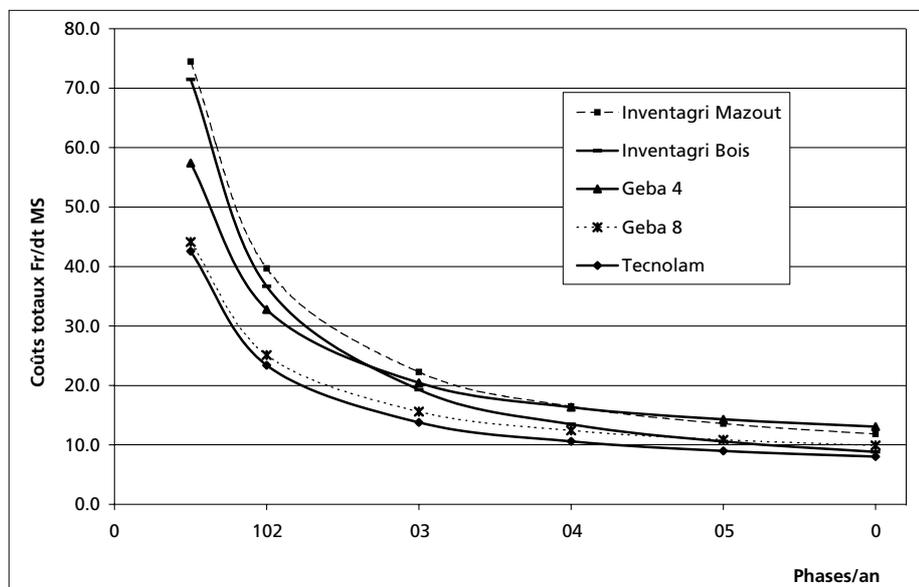


Fig. 11: Coûts totaux /dt MS en fonction du nombre de phases de séchage par an.

que soit l'installation. Dans le cas d'Inventagri, le chauffage à bois prend beaucoup de temps, tandis que dans le cas de Geba-Zumstein, la consommation plus élevée de mazout fait qu'il faut changer la citerne plus fréquemment. Dans le cas de Tecnolam, le fait de baisser et de relever le capot demande lui aussi beaucoup de temps.

Rentabilité

Pour faciliter la comparaison des installations entre elles, on a également fait le calcul avec une installation Inventagri équipée de chauffage au mazout ainsi qu'avec une Geba-Zumstein à huit places de séchage (tab. 3). Etant donné la com-

plexité de sa construction, Inventagri affiche le taux d'investissements le plus élevé par place de séchage, Geba-Zumstein et Tecnolam se situent à un niveau identique, plus bas. Avec les installations à huit places et chauffage au mazout, les coûts variables sont compris entre 4,20 et 6,10 Fr/dt MS. Une consommation élevée de mazout a des répercussions plus importantes qu'une consommation élevée d'électricité.

Les coûts totaux par dt MS en fonction du taux d'utilisation de l'installation sont représentés dans les figures 10 et 11. Plus le taux d'utilisation de l'installation augmente, plus les coûts baissent. Avec 80-180 balles, soit 12-20 phases de séchage par an, on ne dépasse pas le seuil de

20 Fr/dt MS. A partir d'environ 280 balles, soit 35 phases de séchage, on peut atteindre la barre des 10 Fr/dt MS. Les installations Inventagri avec chauffage au bois, Geba-Zumstein avec huit places et Tecnolam se situent dans cette plage d'utilisation favorable et sont relativement proches les unes des autres. Etant donné son faible prix d'achat et ses faibles coûts de fonctionnement, Tecnolam est l'installation qui s'avère la meilleure marché.

Dimension des installations de séchage

La première coupe est souvent récoltée début mai dans les régions de plaine et jusqu'à fin mai dans les régions de montagne. En fonction des zones climatiques, l'agriculteur dispose en moyenne de deux à quatre possibilités de récolte pour engranger le foin ventilé.

L'installation de séchage doit être conçue pour la quantité récoltée durant cette période. La figure 12 montre la puissance de séchage d'une installation de huit places. Pour une surface de 5 ha, il faut compter 65 balles à 2,3 dt. Dans le cas idéal, les conditions météorologiques sont bonnes, le fourrage n'est que légèrement humide. Avec une installation puissante, il peut être séché en huit cycles de huit heures chacun. Le rendement de stockage est de 1,7 ha/jour en moyenne, soit trois jours au total. Si les conditions météorologiques sont mauvaises, le fourrage est plus humide et a besoin de 24 heures pour sécher. Le rendement de stockage tombe à 0,6 ha/jour, soit huit jours au total. Mais l'agriculteur ne dispose pas d'autant de temps. Rentrer un nombre de balles supérieur au nombre de places de séchage représente des risques, car la fermentation et la décomposition se produisent rapidement.

En revanche, pour sécher la même surface de fourrage, un système de ventilation du foin en vrac d'une dimension de 100 m² affiche une capacité de séchage de 3 ha/jour – ce qui correspond à un système de séchage des balles rondes de 16-24 places.

Ces grosses différences s'expliquent par le fait que le séchage des balles rondes s'effectue par étapes. Dans le cas de la ventilation du foin en vrac, on engrange couche sur couche et le séchage s'effectue en continu sur une période qui va de plusieurs jours à deux semaines. Même avec les installations simples équipées de capteur solaire, le fourrage peut déjà être rentré en quantités variables à partir d'un taux de MS d'environ 50 %, ce qui

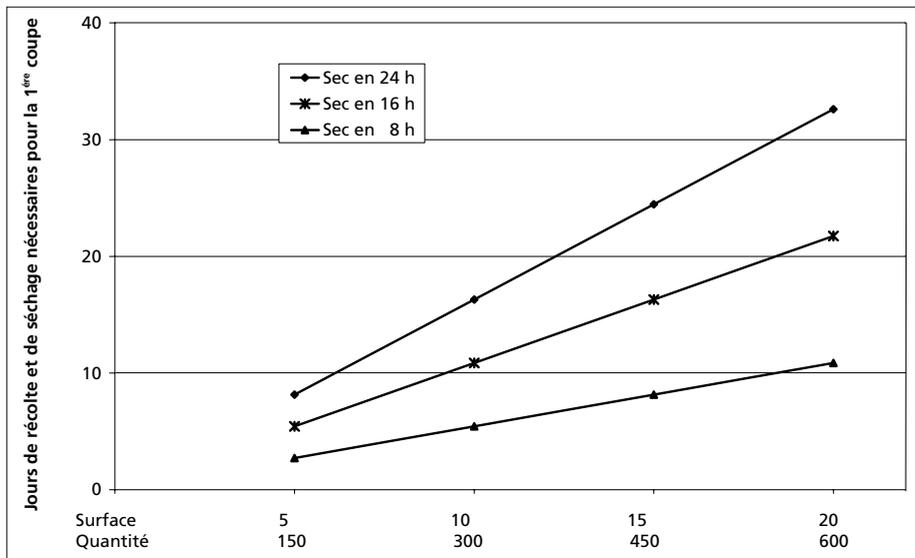


Fig. 12: Jours nécessaires pour la récolte et le séchage lors de la 1^{ère} coupe, en fonction de la surface de coupe – hypothèse: capacité de l’installation 8 balles; rendement 1^{ère} coupe 30 dt/ha.

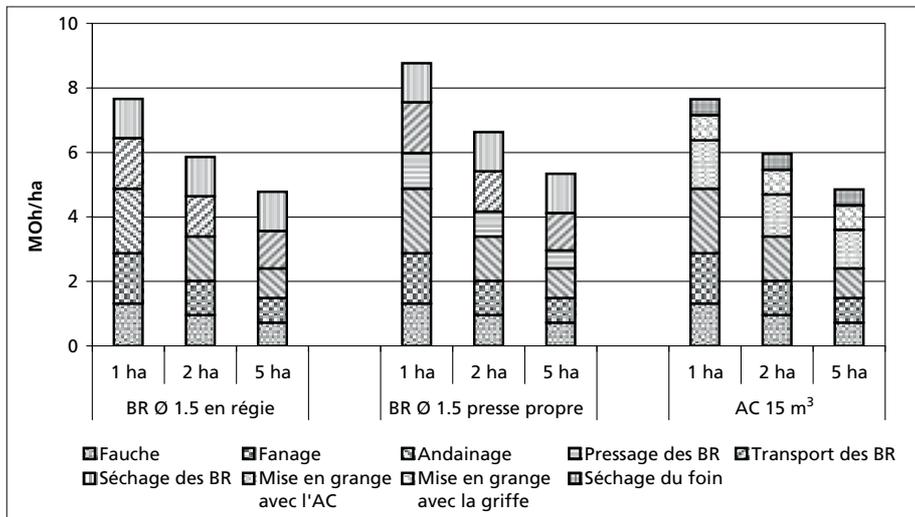


Fig. 13: Temps de travail nécessaire pour le procédé de récolte des balles rondes, en régie, avec presse et autochargeuse propres.

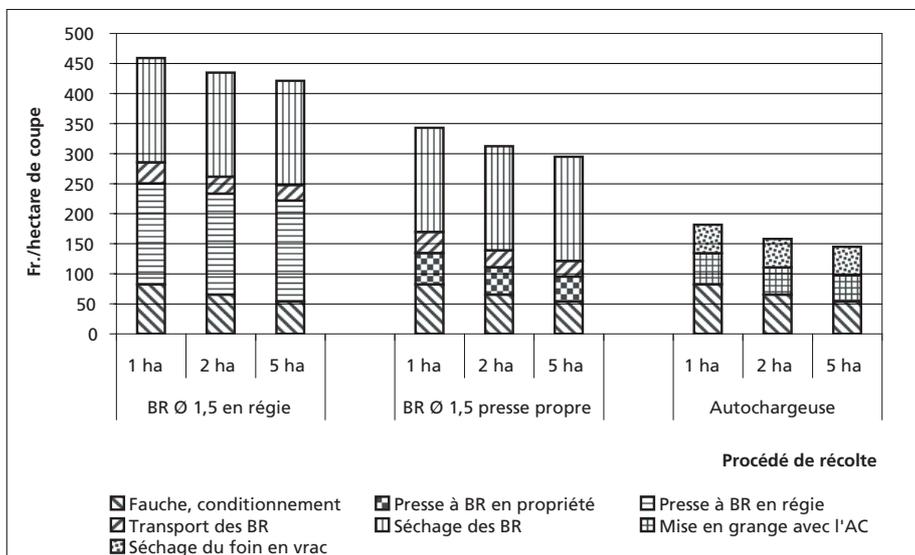


Fig. 14: Coûts variables/hectare de coupe pour le procédé de récolte des balles rondes, en régie, avec presse et autochargeuse propres.

offre de la souplesse par rapport aux contingences temporelles. Certes, le fourrage plus humide ramassé par mauvais temps a besoin de plus de temps pour sécher, mais il ne bloque pas les récoltes suivantes. Dans le cas de la ventilation de balles rondes par contre, on ne peut recommencer à presser du foin que lorsque la dernière phase de séchage est achevée. Le taux de MS maximum étant de 65-70 %, la période de séchage au champ doit être nettement plus longue que pour le foin en vrac. De plus, pour raccourcir le procédé de séchage, il faut augmenter considérablement l’énergie de chauffage.

Comparaison entre le procédé de récolte des balles rondes / du foin en vrac

Les procédés de récolte balles rondes et foin en vrac ont été répartis en différentes phases de travail spécifiques, de la fauche jusqu’au séchage/mise en grange. Hypothèses: la taille des parcelles est comprise entre 1, 2 et 5 ha, la distance entre la ferme et la parcelle est de 1 km. Les balles ont un diamètre de 1,50 m et une densité de 100 kg/m³ MS. Elles sont déplacées à l’aide d’un chargeur frontal et d’un pince-balles et transportées dans une remorque à deux essieux d’une capacité de 10 balles. Le foin en vrac est rentré avec une autochargeuse d’un volume de 15 m³. Le stockage en tas se fait à l’aide d’une griffe.

Lorsque la surface de récolte est réduite, les temps de préparation représentent un fort pourcentage du temps de travail total. Lorsque la surface augmente, le temps de travail nécessaire baisse considérablement (fig. 13). Le procédé avec autochargeuse est toujours plus performant, pour deux raisons: premièrement, le pressage étant moins dense, on produit plus de balles qu’avec le foin séché au sol; deuxièmement, le temps de travail nécessaire pour le séchage des balles rondes est nettement plus long que pour la ventilation du foin en vrac. Si le pressage est effectué en régie, le temps de travail pour cette opération n’est pas comptabilisé et les deux procédés arrivent à peu près au même résultat.

Un point reste décisif et tient à la baisse du temps de travail lorsque la surface augmente. Le seul fait de récolter des surfaces plus importantes permet d’économiser plus d’un tiers du temps de travail. Toutefois, lorsque l’installation est de faible capacité, il n’est pas possible de tirer parti de cet effet.

La figure 14 présente les coûts variables des variantes Pressage en régie, Pressage avec la presse de l'exploitation et Autochargeuse propre. Outre les coûts élevés du pressage en régie auxquels on pouvait s'attendre (faible densité de pressage = beaucoup de balles), les coûts de l'éner-

gie nécessaire au séchage des balles rondes pèsent lourd dans la balance. Le séchage du foin en vrac obtient des résultats nettement meilleurs grâce à l'utilisation de capteurs solaires.

La situation est inverse si l'on considère les coûts fixes des installations de même

puissance en cas d'achat de matériel neuf (cf. fig. 15). Lorsque l'enveloppe du bâtiment existe déjà, le séchage des balles rondes nécessite seulement une installation. Le déplacement des balles est assuré par le chargeur frontal de l'exploitation. Dans le cas du tas de foin, en plus de bâtiment existant, il faut un cloisonnement, une souffleuse, un dispositif de réglage et des capteurs solaires. Une grue à bras pivotant permet d'engranger et de reprendre le foin avec un confort et un temps de travail proches de ceux obtenus avec la technique des balles rondes. Les investissements nécessaires pour la ventilation du foin en vrac sont certes plus élevés, mais cette méthode permet d'engranger plus tôt et consomme moins d'énergie pour le séchage. Enfin, le séchage est plus rapide.

Dans l'ensemble, les coûts totaux par hectare de coupe sont moins élevés avec le foin en vrac qu'avec les balles rondes (fig. 16). Comme pour le temps de travail, on constate également une dégression des coûts suite à l'augmentation des unités de surface. Seule une technique de ventilation performante permet de récolter les surfaces correspondantes.

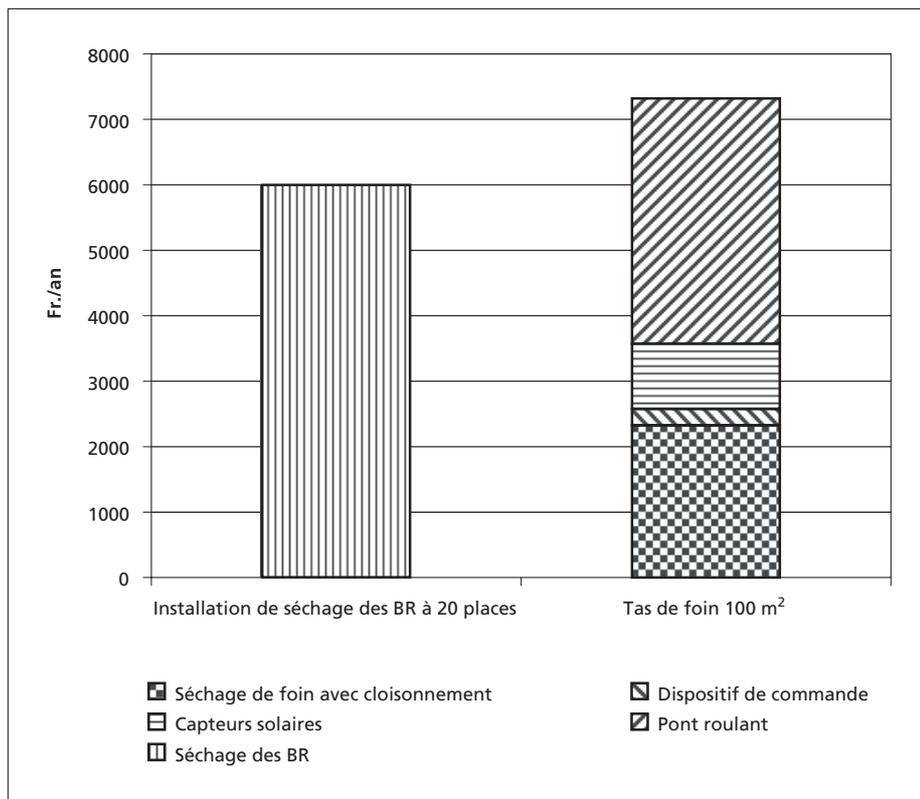


Fig. 15: Coûts fixes/an pour le séchage des balles rondes et le foin en vrac – hypothèses: enveloppe du bâtiment/locaux de stockage sont disponibles. Pour le séchage des balles rondes, uniquement frais de l'installation, mise en grange et reprise avec chargeur frontal, pince-balles de l'exploitation à montant compris dans les coûts variables.

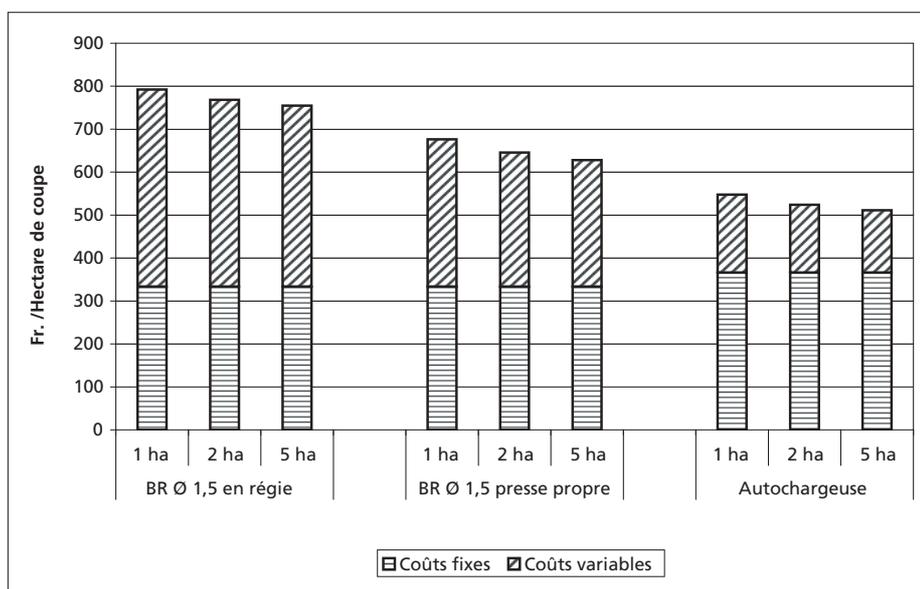


Fig. 16: Coûts totaux/hectare de coupe pour le procédé de récolte des balles rondes en régie, avec presse et autochargeuse propres – hypothèses: coûts fixes répartis sur une surface de coupe de 20 ha.

Conclusions

Lors de l'achat d'une installation de séchage des balles rondes, il faut tenir compte des restrictions liées à l'humidité maximale du fourrage, à la vitesse de séchage et au manque d'homogénéité du séchage. Comme le procédé est effectué par étapes, les quantités de récolte journalière correspondent à la puissance de séchage de l'installation. Avec les petites installations, la récolte se déroule en continu et en petites quantités sur une longue période de temps. Les balles doivent être pressées, déplacées et ventilées avec précaution pour obtenir un foin de première qualité. De par leur rendement, les installations testées conviennent plutôt pour de petites exploitations. Lorsque l'on recherche des rendements à la surface plus élevés, la capacité devrait être au moins de 16 places de séchage.

Là où on rentre le foin en vrac avec l'autochargeuse sur un tas de foin équipé d'un dispositif de reprise et où les capacités de stockage suffisent, il ne vaut pas la peine de changer quoi que ce soit. Dans la mesure où la technique en place ne nécessite pas de nouveaux investisse-

ments, aucun changement ne s'impose, car il n'apporterait ni avantage sur le plan de la gestion du travail, ni sur le plan de la gestion de l'exploitation. La récolte avec l'autochargeuse, tout comme le séchage du foin en vrac sont des systèmes performants qui fonctionnent à coûts réduits. S'il faut travailler avec des balles rondes pour la paille, il est recommandé de faire effectuer le pressage en régie, d'acheter un chargeur frontal et éventuellement un distributeur de balles. Lorsque le volume des stocks ne suffit plus, par exemple parce que le troupeau s'est agrandi, il est possible de combiner le stockage du foin en vrac et les balles rondes. Lorsqu'il fait beau, le foin est séché au sol, puis pressé. Seul le fourrage humide est ventilé. Cette solution permet de mieux exploiter les bâtiments en place, ainsi que les ma-

chines et outils existants. Elle permet également d'éviter un goulet d'étranglement suite à une capacité de séchage insuffisante, goulet qui se répercute de manière négative sur le rendement du procédé, le temps de travail et la rentabilité.

Bibliographie

Ammann H., (2003): Coûts-machines 2004, rapport FAT 603.
Baumgartner J., (1991): La ventilation du foin de A à Z, rapport FAT 406.
Baumgartner J., (1996): Ballentrocknen um jeden Preis, Agroscope FAT Tänikon.
Gindl G., (2002): Zeitgemässe Heubereitung und Heuqualität in der Praxis. BAL

Gumpenstein, 8. Alpenländisches Expertenforum 9.-10.04.2002.

GVL, (1995): Brandverhütung in der Landwirtschaft. Gebäudeversicherung des Kantons Luzern, Weisungsblatt 8/1.

Luder W., (1996): Risque météorologique et journées disponibles pour les travaux des champs en Suisse, rapport FAT 490.

Luder W., (2002): Betriebswachstum im Berggebiet: Heuernte neu organisieren. Agrarforschung 9 (10).

Mouchet P. A., (1998): Séchage des balles rondes. FAT Formation continue en construction rurale 26./27.11.1998.

Nydegger F., (2001): Heutrocknung – Fünf Verfahren im Vergleich. Agroscope FAT Tänikon.

Schick M. et al. (2002): Chiffres-clefs de l'organisation du travail pour la récolte du fourrage grossier, rapport FAT 588.