

Utilisation de conditionneurs intensifs pour la récolte des fourrages

Avantages en termes de qualité et d'organisation du travail, mais besoin en puissance et coûts plus élevés

Rainer Frick et Helmut Ammann, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles (FAT), CH-8356 Tänikon
Ueli Wyss et Roger Daccord, Station fédérale de recherches en production animale (RAP), CH-1700 Posieux

Avec les conditionneurs intensifs, le fourrage est fauché en un seul passage, il est conditionné intensivement et disposé sur toute la largeur de coupe. Au cours d'un programme d'essais avec les machines Krone ICS, Greenland HPC et Kurmann Twin, nous avons étudié plusieurs paramètres: le séchage du fourrage, les pertes au champ, la qualité du fourrage et les besoins en puissance. Cette étude a été complétée par une évaluation économique du procédé. Par rapport aux faucheuses-conditionneuses conventionnelles, le conditionneur intensif accélère considérablement le séchage du fourrage

sur champ, de sorte que l'on peut renoncer à l'emploi de la pirouette pour ensiler le fourrage. En ce qui concerne la production de foin, le conditionneur intensif permet de supprimer un à trois passages en fonction du niveau de rendement et des conditions météorologiques. Etant donné que le fourrage est moins travaillé (fanage), les pertes au champ sont moins importantes avec cette technique qu'avec la technique traditionnelle. Toutefois, lorsqu'on renonce totalement à l'emploi de la pirouette et que la récolte est importante, le fourrage sèche de manière très irrégulière. Cela retentit sur la qualité

du foin (valeur nutritive, digestibilité) et augmente le risque de voir apparaître des moisissures lors du stockage du foin. En revanche, ce procédé améliore la qualité de fermentation de l'ensilage (baisse du pH, teneur en acide lactique), ce qui augmente légèrement la teneur énergétique. Les conditionneurs intensifs conviennent moins bien pour les prairies riches en trèfles et en herbacées (risque plus élevé de pertes par brisure) que pour les prairies riches en graminées. De ce point de vue, le conditionneur Kurmann-Twin obtient des résultats nettement meilleurs que le système avec un rouleau à brosse et un rouleau cannelé en acier du Greenland HPC. Ces deux machines exigent environ 4 kW de plus, par mètre de largeur de travail, par rapport à une faucheuse-conditionneuse normale, ce qui nécessite



Fig. 1: Le conditionneur intensif s'avère avantageux principalement pour la production d'ensilage préfané. Le procédé peut être recommandé dans les grosses exploitations d'ensilage, qui cherchent à obtenir un fourrage grossier de qualité élevée et à simplifier le fanage et l'andainage.

Sommaire	Page
Problématique	2
Outils	2
Réalisation de l'essai	4
Aspects techniques et aspects liés à la production végétale	5
Rentabilité	14
Evaluation globale et conclusions	18
Recommandations	20

un tracteur d'une puissance d'au moins 65 kW. Une étude comparative des coûts montre que, lorsqu'il s'agit uniquement de conserver de l'ensilage, l'achat d'un conditionneur intensif n'est rentable que si les coûts inhérents à la pirouette peuvent être supprimés. Il est également important de savoir s'il existe ou non sur l'exploitation un tracteur assez puissant pour le conditionneur intensif.

Problématique

Bien que les conditionneurs soient déjà bien établies dans la pratique pour la récolte de l'ensilage et du foin, on a continué à les développer afin d'accélérer le séchage de la récolte sur champ, de simplifier le fanage du fourrage et d'améliorer la qualité du fourrage engrangé.

La «technique des tapis de fourrage» n'ayant pas réussi à s'imposer dans les conditions climatiques et pour la culture fourragère d'Europe centrale, on parle depuis quelques années des «conditionneurs intensifs». Ces appareils fauchent la récolte en un seul passage, la conditionnent de manière intensive et la disposent tout en largeur. Cette nouvelle technique vient des zones de cultures fourragères du Nord de l'Europe (Hollande, Nord de l'Allemagne), dans lesquelles il n'est souvent pas possible, pour des raisons climatiques (précipitations fréquentes) d'obtenir de l'ensilage préfané de bonne qualité dans les délais impartis. Chez nous aussi, le conditionnement intensif a rapidement suscité l'intérêt. Mais il s'agissait de savoir si ce procédé pouvait s'adapter aux conditions propres à la culture fourragère en Suisse. Quel est son influence sur le séchage et la qualité du fourrage? A combien s'élèvent les pertes au champ lors de la préparation de fourrage? La technique est-elle adaptée aux différents types de prairies et à la production de foin? Quelle est la puissance requise par les outils? Compte tenu des différents avantages et inconvénients, l'emploi des conditionneurs intensifs est-il rentable? Un programme d'essai de plusieurs années a eu pour but de répondre à ces questions.

Outils

Que signifie le conditionnement intensif?

Contrairement aux faucheuses-conditionneuses traditionnelles, les conditionneurs intensifs disposent d'au moins deux rouleaux, qui tournent en sens inverse l'un de l'autre, à des vitesses périphériques différentes. Grâce à l'intervalle étroit entre les rouleaux (quelques millimètres) et à la progression forcée, les plantes fauchées passent entre les rouleaux et subissent un frottement qui entraîne un conditionnement intensif du fourrage. Les conditionneurs intensifs se caractérisent également par un dispositif permettant de répartir le fourrage en largeur. Ce dispositif se compose de tôles de guidage ou d'un rouleau répartiteur qui dépose le fourrage conditionné sur au moins 80% de la largeur de coupe, de façon à ce qu'il forme un matelas souple sur le sol.

On remarque que le conditionnement est intensif au fait que la cuticule sur les feuilles est blessée et que les tiges sont plissées en un plus grand nombre d'endroits que lors du conditionnement traditionnel. Il faut cependant que la structure des plantes fauchées soit conservée, ce qui veut dire que les plantes ne doivent être ni écrasées, ni hachées (fig. 2).



Fig. 2: Résultat optimal avec le conditionnement intensif (Greenland HPC).

Description des outils

Au cours des dernières années, quatre modèles de conditionneurs intensifs ont fait leur apparition sur le marché (fig. 3). Le premier fut celui de Krone: l'ICS («Intensive Conditioner System»), un conditionneur tracté équipé d'un éclateur à marteaux qui s'utilise avec une faucheuse-



Fig. 3: Quatre modèles différents de conditionneurs intensifs, de tailles différentes, du simple conditionneur intensif monté à l'arrière au modèle automoteur plus complexe: Kurmann K 618 Twin (en haut à gauche), Krone ICS (en haut à droite), Greenland HPC (en bas à gauche) et Deutz-Fahr Grasant (en bas à droite).



Fig. 4: Système avec un rouleau à brosse et un rouleau cannelé en acier du Greenland HPC: le fourrage passe directement des disques aux rouleaux tournant en sens inverse.

se frontale à disques d'une largeur de travail de 2,8 m. Krone a arrêté la production de l'ICS en 1996, c'est pourquoi ce système n'est pas traité de manière plus approfondie dans la suite du rapport.

En 1994, Greenland a développé le **HPC («High Performance Conditioner»)**, conditionneur intensif pourvu d'un rouleau à brosse et intégré dans une faucheuse rotative soit à disques soit à tambours. La machine que nous avons utilisée pour les essais était une faucheuse à tambours PZ montée à l'arrière, avec une largeur de travail de 2,6 m. Le conditionneur fonctionne avec deux rouleaux tournant en sens inverse (fig. 4). Le rouleau supérieur est un rouleau en acier cannelé avec des rebords inclinés, le rouleau inférieur est constitué de brosse en nylon. Le rouleau cannelé presse les plantes fauchées dans les brosse du second rouleau. Après son passage entre les deux rouleaux, les plantes fauchées sont canalisées par des tôles de guidage tournées en biais vers l'extérieur. Celles-ci le projettent vers le rouleau répartiteur

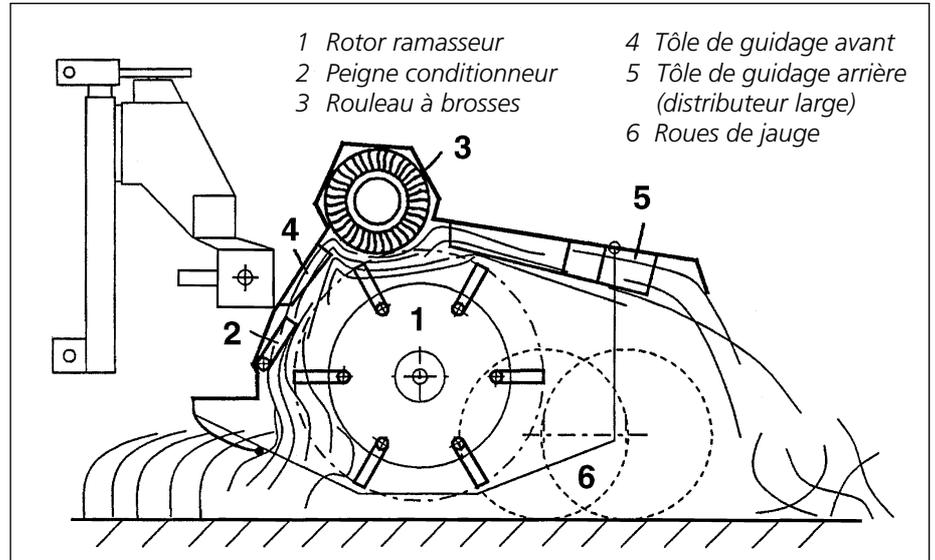


Fig. 7: Schéma du Kurmann K 618 Twin (Source: Kurmann, Rüediswil).

entraîné par le flux de fourrage, qui, lui, dispose le fourrage conditionné en un matelas souple sur toute la largeur de coupe (fig. 5). La faucheuse PZ CM 260 HPC pèse 1120 kg et coûte Fr. 27 800.-. Le système HPC existe désormais également en dispositif de coupe frontal (PZ, Vicon) et en modèle tracté (Vicon).

En 1998, une machine de production suisse fit son apparition sur le marché: le modèle «**K 618 Twin**» de Kurmann. Comme l'ICS de Krone, il s'agit d'une machine tractée, qui s'utilise en combinaison avec une faucheuse frontale (sans conditionneur). Les plantes fauchées déposées entre les roues du tracteur ne sont pas ramassées par un pick-up, mais par un rotor ramasseur qui tourne à l'inverse du sens d'avancement du tracteur. Comme sur le HPC, la partie centrale est constituée d'un rouleau continu pourvu de

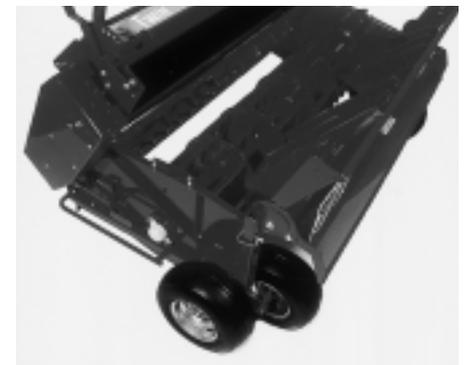


Fig. 6: Kurmann K 618 Twin: le conditionnement intensif s'effectue entre les doigts mobiles du rotor ramasseur et le rouleau à brosse. Il est également possible d'effectuer un conditionnement normal en relevant le rouleau à brosse.

broches en nylon. Le fourrage ramassé par le rotor est préconditionné au niveau du peigne, puis passe entre les doigts mobiles du rotor et le rouleau à brosse placé au-dessus (fig. 6). A l'intérieur, le capot est équipé à l'avant de tôles de guidage qui répartissent les plantes fauchées de manière homogène sur toute la largeur du rouleau à brosse. Les tôles de guidage arrière, réglables, permettent de déposer le fourrage conditionné sur toute la largeur. Cette machine permet également de choisir le degré de conditionnement. Pour ce faire, il existe trois positions permettant de régler la distance entre le rouleau à brosse et le rotor ramasseur. Enfin, l'inclinaison du peigne peut également être modifiée (préconditionnement): il existe cinq positions différentes (fig. 7). Poids: 530 kg. Prix: Fr. 10 900.-.

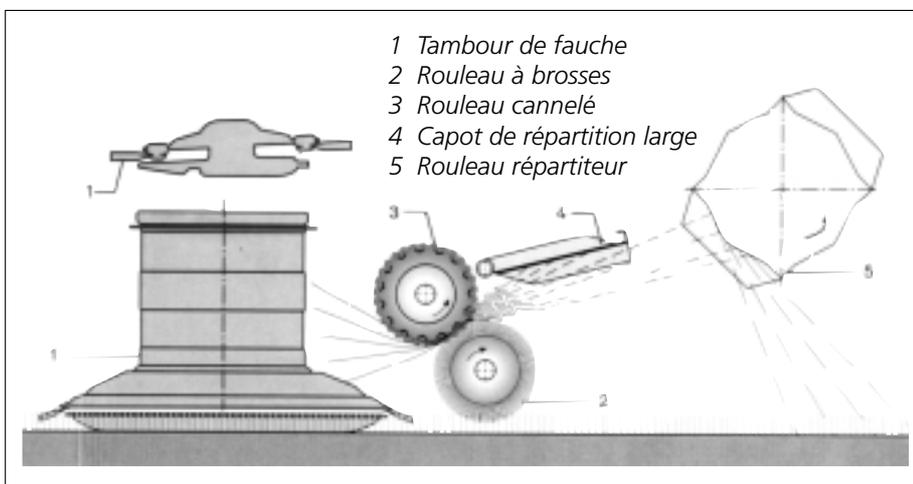


Fig. 5: Schéma du conditionneur intensif Greenland HPC (Source: Greenland, Geldrop NL)

Pour terminer, il faut également citer le modèle «automoteur» de Deutz-Fahr, **Grasant**. Il s'agit d'une modification de la machine prévue initialement pour sécher les matelas de fourrage. Le conditionneur intensif constitué d'un rouleau central et de rouleaux planétaires frotte, effile, et épisse les plantes fauchées en long et en large, ce qui le conditionne de manière très intense. Un dispositif de distribution large répartit ensuite le fourrage conditionné sur le sol, sur une largeur maximale de 5 m. Il est possible de régler l'intensité du conditionnement en modifiant la distance entre les rouleaux (de 0 à 30 mm) et le régime des rouleaux (de 950 à 3000 t/min). Sur la partie frontale, une faucheuse double à disques de 6 m de large, effectue la coupe. Pour le transport sur les routes un système hydraulique permet de relever et de rabattre cette partie de la machine. La machine est entraînée par un moteur diesel de 190 kW. Poids: 10 900 kg. Prix: env. Fr. 250 000.– (y compris faucheuse de 6 mètres). Le modèle Grasant a été utilisé pour la première fois en Suisse en 1997 par des entrepreneurs de travaux agricoles.

Principe du procédé

Le conditionnement intensif est censé permettre aux plantes d'éliminer plus facilement l'eau qu'elles contiennent. La dépose des plantes fauchées sur toute la largeur de coupe donne une grande surface de contact pour l'évaporation de l'eau. Ce système doit permettre au fourrage de sécher sans problème immédiatement après la coupe. Pour l'ensilage préfané tout au moins, cette technique devrait permettre de renoncer complètement à l'utilisation de la pirouette (fanage). Lorsque le fourrage est suffisamment sec en surface, on réunit les matelas (largeurs de coupe) deux par deux pour former un andain. Avant le ramassage ou le pressage, on laisse reposer ces andains pendant encore une à deux heures sur la parcelle pour que les parties encore humides qui étaient placées en dessous des matelas puissent finir de sécher.

Le procédé de conditionnement intensif promet les avantages suivants:

- Durée de séchage réduite sur la parcelle, d'où diminution du risque météorologique;
- Economie du passage de la pirouette, d'où réduction de la charge de travail et simplification de l'organisation pour le fanage et l'andainage du fourrage;

- Baisse des pertes par brisure et des souillures sur le fourrage, car les plantes fauchées sont moins travaillées avec la pirouette; d'où un fourrage plus riche;
- Augmentation de la qualité de fermentation, suite au conditionnement intensif du fourrage et à la compressibilité plus élevée de l'ensilage.

Réalisation de l'essai

Quel a été l'objet de l'étude?

Au cours d'un programme d'essais de plusieurs années, voici quels ont été les critères étudiés:

- séchage de différents peuplements végétaux et de repousses;
- pertes au champ en fonction de l'intensité du conditionnement et du traitement ultérieur;
- qualité du fourrage (souillures, qualité de l'ensilage et du foin, digestibilité);
- évaluation du procédé en fonction de la puissance requise, de la charge de travail et de la rentabilité.

Au cours de douze essais en plein champ, réalisés à Tänikon dans des conditions proches de la pratique, le procédé de conditionnement intensif a été comparé à la technique traditionnelle (faucheuse-conditionneuse normale, fourrage retourné une à plusieurs fois, andainage). A titre de faucheuse-conditionneuse normale, on a utilisé soit un conditionneur (Kurmann K 600) placé à l'arrière d'une faucheuse frontale à tambours, soit une faucheuse arrière à tambours avec conditionneur à dents intégré (Fahr KM 24 CR). Les paramètres relevés ont été les suivants: *vitesse de séchage*, *pertes au champ et souillure du fourrage*. Les essais ont été réalisés dans des conditions variables du point de vue des conditions météorologiques, du peuplement végétal (prairies permanentes et temporaires) et des repousses. Les rendements en MS se

situait entre 18 et 51 dt de MS par ha. Cinq essais ont servi à produire de l'ensilage préfané, sept autres ont servi à produire du fourrage sec.

Trois autres essais, réalisés dans des prairies temporaires avec des rendements de 42 à 50 dt de MS, ont servi à mesurer la *puissance requise à la prise de force* (ICS, HPC, Twin).

Un *essai de conservation et de digestion* a permis d'étudier l'influence du fourrage conditionné intensivement sur la qualité de fermentation et sur la qualité proprement dite du fourrage (composition chimique, digestibilité). Ces essais ont été effectués à la RAP à Posieux.

Basés sur les résultats des essais en plein champ, des calculs portant sur *l'organisation du travail et la gestion de l'exploitation* viennent compléter l'évaluation du procédé.

Outils employés

Le tableau 1 indique quel conditionneur intensif, parmi ceux qui ont été décrits, a été utilisé pour tel et tel essai. Les essais ont débuté en 1994 avec le HPC de Greenland. En 1995, l'ICS de Krone a également été mis en service. La majeure partie des essais de séchage, ainsi que l'essai de conservation réalisé à la RAP, ont été effectués avec ces deux outils. Dès 1996, on a travaillé principalement avec le Kurmann-Twin. Aucun essai n'a été réalisé avec le Grasant de Deutz-Fahr.

Méthodes

Les mesures des *besoins en puissance* ont été effectuées à l'aide d'un moyeu enregistreur du couple moteur, placé sur la prise de force. La vitesse d'avancement était de 10 km/h.

Pour déterminer la *vitesse de séchage*, des échantillons ont été prélevés sur la parcelle au moment de la fauche jusqu'au ramassage, à intervalles réguliers (environ toutes les deux à trois heures).

Tab. 1: Conditionneurs intensifs utilisés durant les essais

Année	1994		1995			1996		1997	
	A	L	A	L	K	A	L	A	L
Essai ¹⁾									
Krone ICS			x	x	x				
Greenland HPC CM 260	x	x	x	x		x			x
Kurmann K 618 Twin						x		x	x

¹⁾ A = Essais de séchage: déroulement du séchage, pertes au champ, souillure
 L = Mesure de puissance à la prise de force
 K = Essai de conservation et d'alimentation (RAP-Posieux)

Après un séchage à 105 °C dans des fours à air pulsé, ces échantillons ont permis d'obtenir les teneurs en MS. Le déroulement du séchage est représenté sous forme d'une fonction de la somme des déficits de saturation, calculée à partir de la température et de l'humidité relative.

Les pertes au champ ont été évaluées selon la méthode de l'aspirateur. Le fourrage qui reste sur la parcelle après le ramassage est ratissé sur une certaine longueur à différents endroits, puis rassemblé à l'aide d'un aspirateur à feuilles. Les restes rassemblés au râteau correspondent aux pertes de ramassage, les restes aspirés représentent les pertes par brisure.

Le fourrage utilisé pour l'essai de conservation et d'alimentation provenait d'une prairie temporaire (mélange standard 440, 2^{ème} coupe, rendement 22 dt de MS/ha). Ce fourrage a été conservé le même jour et divisé en deux parts égales: ensilage (objectif: 35% de MS) et foin (objectif: 60% de MS). Dans le cas du conditionneur intensif, le fourrage n'a pas été retourné; dans le procédé standard (faucheuse-conditionneuse normale), le fourrage a été tourné une fois pour l'ensilage et deux fois pour le foin. Pour l'essai de conservation, on a d'une part placé du fourrage frais (non préfané) directement après la fauche dans trois silos de laboratoire (de 1,5 l). Le fourrage en question provenait des deux procédés.

D'autre part, on a placé du fourrage préfané dans des silos de laboratoire ainsi que dans des silos d'essai (de 13 m³). Dans ces derniers, les pertes de conservation ont été évaluées à l'aide de sacs à bilans. Le fourrage sec était séché en grange à l'aide d'une pompe à chaleur. Au bout de quatre jours, des échantillons

ont été prélevés et au bout de deux jours supplémentaires, le fourrage a été pressé en petites balles, puis stocké ainsi jusqu'à sa distribution au bétail. L'essai d'alimentation qui a servi à évaluer la digestibilité (in vivo) a été réalisé avec des moutons, selon la méthode habituelle à la RAP.

Aspects techniques et aspects liés à la production végétale

Besoins en puissance plus élevés

Les résultats des mesures de puissance à la prise de force, présentés au tableau 2, sont basés sur des essais réalisés dans une prairie temporaire avec un rendement de 48 dt de MS par ha. Quatre machines ont été comparées: une faucheuse frontale (faucheuse à tambours) Pöttinger CAT 310, un conditionneur conventionnel tracté Kurmann K 618, un conditionneur intensif tracté Kurmann K 618 Twin et une faucheuse à tambours PZ avec conditionneur intensif intégré Greenland CM 260 HPC. La largeur de travail de la faucheuse frontale était de 3,1 m, celle de la faucheuse arrière (HPC) de 2,6 m. Toutes les machines ont circulé à une vitesse de 10 km/h.

D'après cette mesure, le modèle K 618 Twin nécessite une puissance de 17,5 kW, ce qui correspond environ à 4 kW de plus par rapport au conditionneur conventionnel sans rouleau à brosses (Kurmann K 618). Si l'on compare cette valeur à la puissance requise calculée lors d'essais préalables avec le conditionneur intensif ICS de Krone, le modèle Twin exi-

ge 10 à 20 kW de moins selon l'importance de la récolte. La combinaison K 618 Twin plus faucheuse frontale nécessite une puissance à la prise de force de 45 kW, ce qui correspond environ à 10 kW de plus que le système intégré HPC de Greenland. Il faut cependant savoir que le débit du HPC est légèrement inférieur étant donné que la largeur de coupe mesure 50 cm de moins. Si l'on rapporte les valeurs enregistrées à la même largeur de coupe, la différence entre les deux systèmes est de 1 kW par mètre de largeur de travail, au profit du HPC (tab. 2).

Pour pouvoir estimer le besoin total de puissance du tracteur, il faut ajouter à la puissance mesurée à la prise de force environ 20 à 25 kW (valeur empirique) pour l'avancement du tracteur et la traction de la faucheuse. Pour le HPC avec une largeur de travail de 2,6 m, il faut donc 60 kW et environ 65 kW pour la combinaison Twin plus faucheuse frontale (largeur de travail: 3,1 m). Cela correspond aux valeurs empiriques tirées de la pratique. Pour le HPC, on s'est cependant rendu compte que 60 kW ne suffisaient généralement pas à cause du poids élevé de la machine. En effet, avec des tracteurs de cette taille, le relevage de la faucheuse pose souvent problème.

Récapitulatif: Les conditionneurs intensifs Greenland HPC et Kurmann Twin exigent des tracteurs d'au moins 65 kW de puissance. Par rapport aux faucheuses frontales et arrière avec conditionneur normal intégré, pour lesquelles les tracteurs de 55 kW sont suffisants lorsque la largeur de travail ne dépasse pas 3 m, la puissance requise supplémentaire est donc de l'ordre de 10 kW.

Séchage plus rapide

Les essais de séchage coïncident dans l'ensemble et montrent que le séchage des plantes fauchées est nettement plus rapide lorsque le conditionnement est intensif comparé au conditionnement normal, ceci, dans la mesure où le déficit de saturation de l'air est suffisamment élevé. Les progrès en matière de séchage dépendent en grande partie de la technique adoptée pour travailler le fourrage après la fauche (nombre de passages de la pirouette). Dans le cas du foin, les différences entre les teneurs en MS obtenues lors du ramassage sont nettement plus frappantes que dans le cas de l'ensilage.

Tab. 2: Puissance nécessaire à la prise de force pour les faucheuses et les conditionneurs, pour une vitesse de progression de 10 km/h. Mesure effectuée sur une prairie temporaire avec 48 dt de MS par ha.

Faucheuse / Conditionneur	Largeur de travail de la faucheuse	Puissance nécessaire à la prise de force en kW		
		par machine	au total	par m de largeur de travail
Faucheuse frontale Pöttinger CAT 310	3,1	26,8		
Conditionneur arrière Kurmann K 618		13,6	40,4	13,0
Faucheuse frontale Pöttinger CAT 310	3,1	26,8		
Conditionneur intensif arrière Kurmann K 618 Twin		17,5	44,3	14,3
Faucheuse arrière PZ CM 260 avec conditionneur intensif intégré HPC	2,6	34,5	34,5	13,3

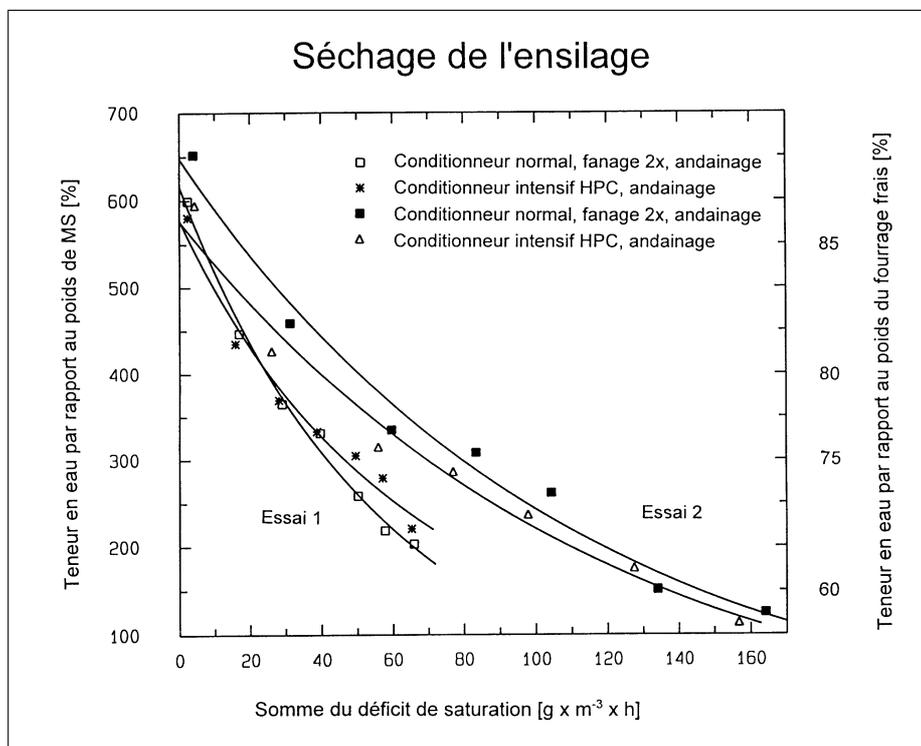


Fig. 8: Courbes de séchage pour la production d'ensilage (2 jours). Comparaison entre le conditionnement intensif sans fanage et la technique conventionnelle (faucheuse-conditionneuse normale, fourrage retourné à deux reprises). Les deux essais ont été réalisés dans des prairies temporaires avec 30 à 40% de trèfles.

Ensilage

Dans les essais de production d'ensilage, l'objectif était d'atteindre 35% de matière sèche (ensilage préfané). Les essais ont été réalisés dans des prairies temporaires (première année d'utilisation principale) avec des pourcentages de trèfles compris entre 30 à 50%. Les rendements étaient compris, eux, entre 22 à 40 dt de MS par ha. Voici quels ont été les procédés comparés :

- conditionneur normal, 2 passages de la pirouette, mise en andains, ramassage;
- conditionneur intensif sans fanage, ramassage;
- conditionneur intensif, 1 passage de la pirouette, ramassage.

Dans les cinq essais, le séchage s'est déroulé pratiquement de la même manière sur les parcelles où était pratiqué le conditionnement intensif (sans fanage) et dans les parcelles où était appliqué le procédé standard (conditionneur normal avec 2 passages de la pirouette, fig. 8). Dans trois cas, la teneur en MS lors du ramassage était légèrement inférieure et dans deux cas, légèrement supérieure. Dans trois essais avec le conditionneur intensif, on a introduit une variante dans laquelle on a effectué une opération supplémentaire avec la pirouette. A chaque

fois ce procédé a donné des résultats nettement meilleurs en matière de séchage, dans la mesure où les conditions étaient

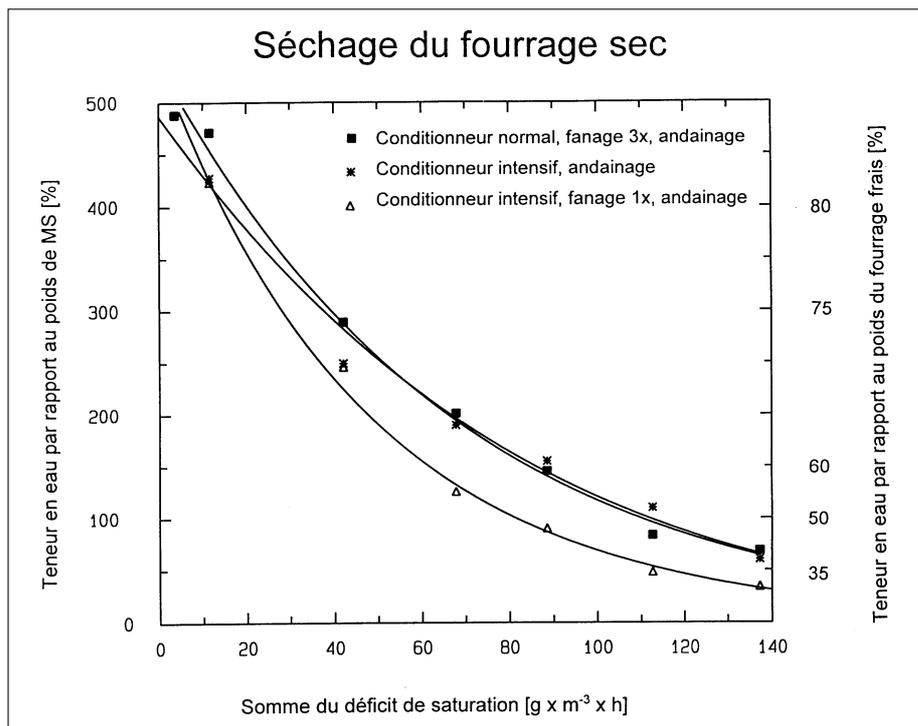


Fig. 9: Courbes de séchage pour la production de foin. Comparaison entre le conditionnement intensif (sans fanage, foin retourné une fois) et la technique conventionnelle (faucheuse-conditionneuse normale, foin retourné à trois reprises). Prairie permanente, première coupe, rendement 38 dt de MS/ha, juin 1996.

bonnes. Au cours d'un essai avec ce procédé, l'ensilage s'est avéré beaucoup trop sec: il affichait 58% de MS.

Production de foin

Les essais réalisés dans des prairies temporaires et permanentes avec du foin avaient pour but de rentrer le fourrage lorsqu'il avait atteint au moins 60% de matière sèche (foin ventilé). Les rendements oscillaient entre 18 et 51 dt de MS par ha. Les procédés suivants ont été employés :

- conditionneur normal, 2 à 5 passages de la pirouette, mise en andains, ramassage;
- conditionneur intensif sans fanage, mise en andains, ramassage;
- conditionneur intensif, 1 passage de la pirouette, mise en andains, ramassage.

En ce qui concerne la production de foin, les résultats pour le procédé avec conditionneur intensif (sans fanage) dépendent largement de l'importance de la récolte. Lorsque le rendement est normal (maximum 40 dt de MS par ha), dans ce cas aussi, le séchage du fourrage se déroule de la même manière avec le conditionneur intensif qu'avec le procédé standard (conditionneur normal, trois passages de la pirouette) sans que l'on soit obligé de procéder au fanage (fig. 9). Lorsque les rendements sont élevés, notamment dans le cas d'une première

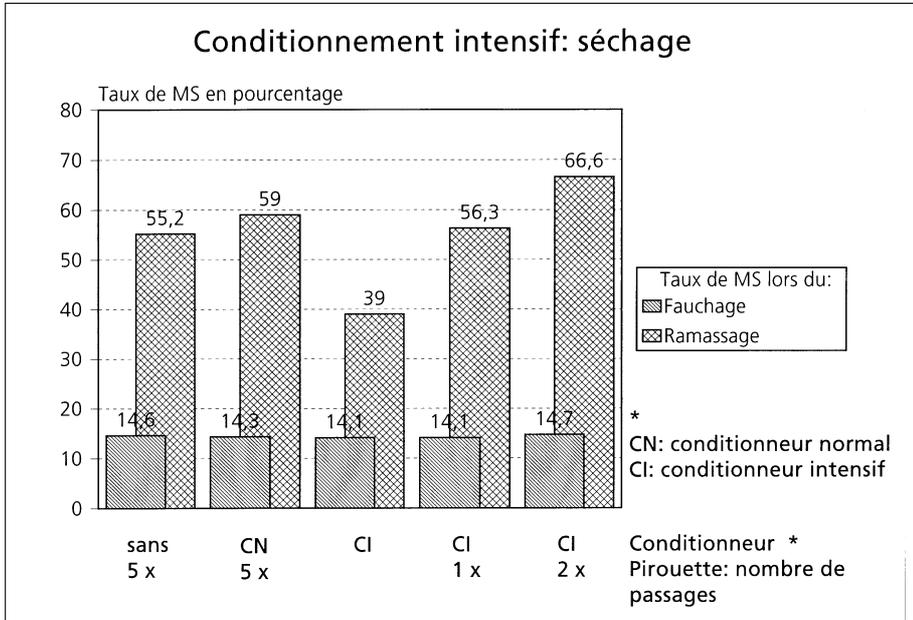


Fig. 10: Comparaison du séchage (teneurs en MS lors du ramassage) pour la production de fourrage séché en grange durant deux jours avec différents procédés de conditionnement; prairie temporaire, deuxième coupe, 30% de trèfles, rendement 51 dt de MS/ha, juin 1995.



la figure 10 et réalisé dans une prairie temporaire grasse avec un rendement de 51 dt de MS par ha. Dans le procédé standard, le fourrage a dû être retourné cinq fois, pour atteindre tout juste 60% de matière sèche au bout de deux jours, alors que le conditionneur intensif sans aucune opération de pirouette n'arrivait même pas à 40% de matière sèche durant la même



Fig. 11: Le séchage irrégulier du fourrage (en haut, sec; en bas, humide ou mouillé) fait partie du conditionnement intensif. Cette tendance est d'autant plus marquée lorsque les matelas de fourrage sont épais après la fauche. Lorsque les plantes sont hautes, il est donc impossible de renoncer à la pirouette, notamment pour la production de fourrage séché en grange.

coupe, il est impossible, malgré le conditionnement intensif, de renoncer à retourner le fourrage, sous peine de retarder considérablement le séchage. C'est ce qu'illustre l'essai représenté dans

période. Même avec un fanage complémentaire, le conditionneur intensif n'atteignait pas encore le niveau du procédé standard et ne parvenait qu'à 56% de MS. Seul un deuxième passage de la pirouette a permis d'atteindre une teneur en MS satisfaisante, soit 66%. Il faut certes relever que les conditions de séchage étaient moyennes, notamment durant le premier jour d'essai. Mais, même si les conditions météorologiques avaient été bonnes, le conditionneur intensif n'aurait pu atteindre les 60% de MS souhaités sur cette parcelle sans recourir à la pirouette.

Séchage irrégulier

Les matelas sèchent très rapidement en surface tandis que dessous, le fourrage reste humide, voire mouillé. C'est un phénomène caractéristique de ce procédé. Les différences entre les teneurs en MS «en dessus et en dessous» peuvent atteindre 15%. Ce séchage irrégulier est également la cause des mauvais résultats du conditionneur intensif dans les parcelles où les rendements sont importants. Les matelas sont en effet trop épais et le pourcentage de fourrage mal séché est très élevé (fig. 11). Lorsque la récolte est moins importante en revanche, les matelas ne mesurent que quelques centimètres d'épaisseur et peuvent sécher rapidement lorsque les conditions météorologiques sont favorables. Com-

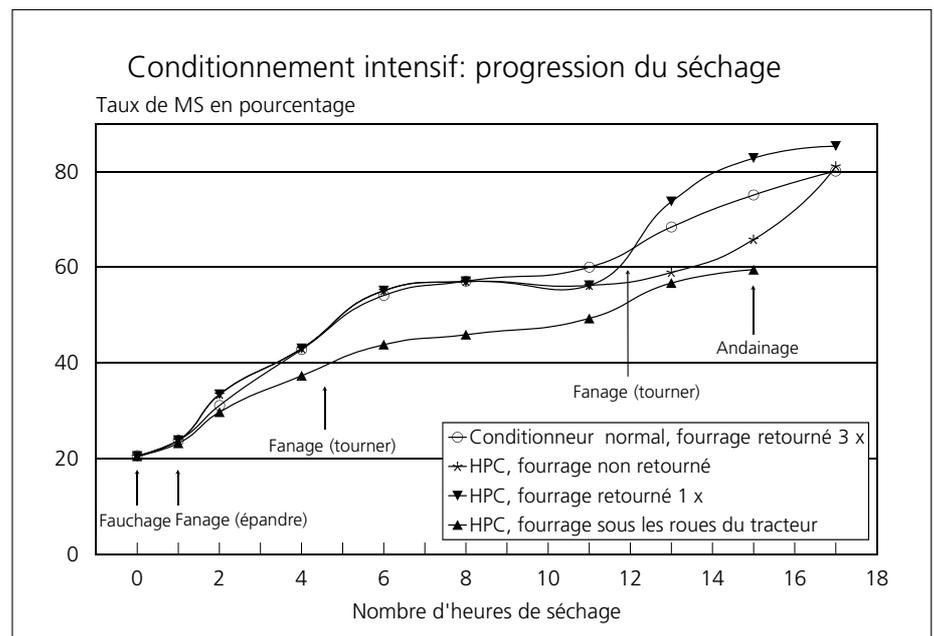


Fig. 12: Evolution du séchage pour la production de regain (deux jours). Comparaison entre le conditionnement intensif (sans fanage, fourrage retourné une fois) et la technique conventionnelle (faucheuse-conditionneuse normale, fourrage retourné à trois reprises). Prairie permanente, deuxième coupe, rendement 20 dt de MS/ha, juin 1994.

me il est très important avec le foin que la teneur en MS soit homogène à cause du stockage, le fourrage devrait être retourné une fois à partir d'un rendement d'environ 35 dt de MS par ha.

Séchage ultérieur par andainage

Un autre point est également caractéristique de ce procédé: il s'agit du séchage du fourrage après sa mise en andains. Dans presque tous les essais, les teneurs en MS augmentent encore considérablement après la mise en andains dans les procédés «conditionneurs intensifs sans fanage» (fig. 12). Dans les cas extrêmes, la teneur en MS est montée de 55% (mise en andains) à 75% (ramassage) en l'espace d'une heure et demie. Pour obtenir de tels résultats, il faut bien entendu que le fourrage soit mis en andains à un moment où les conditions de séchage sont encore favorables. Si l'on procède trop tard à l'andainage, comme cela a été le cas dans un essai, le séchage postérieur est à peine plus marqué qu'avec la technique conventionnelle.

Différences inhérentes aux outils employés

Contrairement au Twin, le HPC dépose les plantes fauchées sur toute la largeur de coupe. Etant donné que la faucheuse se trouve à l'arrière du tracteur, les roues gauches de celui-ci écrasent une partie du fourrage fauché à chaque passage. Un essai de deux jours réalisé avec du regain a permis d'étudier l'impact de ce phénomène sur le séchage (fig. 12). Comme en témoignent les résultats, le séchage se fait nettement plus mal qu'avec du fourrage qui n'a pas été écrasé par les roues du tracteur. Sachant que la part

de fourrage écrasée reste minimale par rapport à la totalité du fourrage, il ne faut pas non plus surévaluer l'importance de ce phénomène. Par contre, ce qui est plus grave, c'est que lorsque le terrain est détrempe, les roues du tracteur enfoncent le fourrage dans le sol et que le giro-andaineur doit donc être réglé très bas pour pouvoir récupérer correctement le fourrage. Le risque de souillure augmente alors considérablement.

A deux reprises, divers conditionneurs intensifs ont pu être utilisés dans le même essai. Les machines Krone ICS et Greenland HPC ont été testées dans un essai avec du regain d'une journée et on n'a pas pu constater de différences significatives. L'emploi simultané du HPC et du Kurmann Twin au cours d'un essai d'ensilage d'une journée a montré qu'avec le Twin, le séchage n'était que légèrement plus mauvais qu'avec le HPC.

Récapitulatif: Pour l'ensilage préfané, le procédé de conditionnement intensif (fauche, andainage) fonctionne sans problème et généralement, il n'est pas nécessaire de passer la pirouette. Le séchage est tout aussi rapide qu'avec la technique traditionnelle (faucheuse-conditionneuse normale, deux passages de la pirouette). Pour le foin, par contre, il faut que les conditions météorologiques soient très bonnes et que la récolte ne soit pas trop importante pour pouvoir renoncer complètement à la pirouette. Un seul passage de la pirouette améliore considérablement le séchage par rapport à la technique traditionnelle (faucheuse-conditionneuse normale, deux à trois passages de la pirouette), dans la mesure où le rendement ne dépasse pas 40 dt de MS par ha.

Pertes au champ moins élevées

Neuf essais (trois avec de l'ensilage préfané et six avec du foin) ont permis de relever les pertes au champ. Avec la technique conventionnelle, les pertes moyennes de MS par hectare s'élevaient à 174 kg pour l'ensilage, soit 7% du rendement en MS, et à 274 kg pour le foin, soit 12% du rendement en MS. Avec le conditionneur intensif sans fanage, les pertes ont été plus réduites pour tous les essais. La différence était en moyenne de l'ordre de 40% pour l'ensilage, et de 30% pour le foin. Toutefois, en ce qui concerne le foin, les différences ne sont significatives que dans quatre des six essais. Si le fourrage fauché avec le conditionneur intensif est retourné une fois, les pertes sont seulement inférieures de 12% en moyenne par rapport à celles enregistrées avec la technique habituelle.

Deux points décisifs: le peuplement et les différentes opérations sur champ

Les pertes au champ plus réduites avec le conditionneur intensif s'expliquent par l'utilisation différente de la pirouette. Avec le conditionneur intensif, dès que le fourrage doit être fané, les pertes augmentent considérablement et atteignent souvent le niveau de la technique habituelle (fig. 13). Comme le montre l'essai de deux jours réalisé avec du regain sur une prairie permanente (fig. 15), ce sont surtout les pertes par brisure qui augmentent. Etant donné que cette prairie naturelle présentait un fort pourcentage d'herbacées, un seul passage de la pirouette a même suffi à causer des pertes globales légèrement plus élevées qu'avec le procédé standard. On peut donc en conclure qu'il ne faut retourner le foin que lorsque c'est vraiment nécessaire et qu'il faut le retourner le plus délicatement possible, sous peine de voir disparaître l'avantage que représentent les pertes réduites du conditionneur intensif.

Moment d'opération à la pirouette

La période à laquelle on passe la pirouette (fanage le premier ou le deuxième jour) exerce également une influence pour le conditionneur intensif. Par rapport au fanage l'après-midi du premier jour avec à peine 30% de MS, le passage de la pirouette le deuxième jour, alors que la récolte

Tab. 3: Pertes au champ moyennes avec les différents procédés de fauchage et de conditionnement et réduction moyenne des pertes grâce au conditionnement intensif par rapport à la technique conventionnelle; résultats tirés de neuf essais

Procédé	Pertes moyennes		Réduction moyenne des pertes ¹⁾	Différence significative p = 0,01 ²⁾
	kgMS/ha	%		
Ensilage (30-50% MS): 3 essais				
Conditionneur normal, fanage 2 x	174	7 (4-8)	–	–
Conditionneur intensif, sans fanage	105	4 (3-6)	40 %	A)
Foin, regain (60-75% MS): 6 essais				
Conditionneur normal, fanage 2-4 x	274	12 (7-15)	–	–
Conditionneur intensif, fanage 1 x	240	10 (5-13)	12 %	B)
Conditionneur intensif, sans fanage	193	8 (4-12)	30 %	C)

¹⁾ Par rapport au procédé standard (conditionneur normal avec fanage 2 x ou 2-4 x)

²⁾ Par rapport au procédé standard (conditionneur normal avec fanage 2 x ou 2-4 x):

A) dans tous les essais B) dans 16% des essais C) dans 66% des essais

a déjà atteint une teneur en MS supérieure à 40%, se traduit par des pertes légèrement plus élevées (fig. 15). Notamment pour le foin et le regain, il est donc recommandé de retourner le fourrage au début du séchage, pour éviter d'importantes pertes par brisure.

Les machines HPC et Twin ont été comparées dans une prairie permanente et les pertes totales relevées se sont avérées 20% plus basses pour la dernière. Dans les deux cas, le fourrage a été retourné une fois. Ces résultats confirment que le système avec un rouleau cannelé et un

rouleau à brosses travaille de manière plus agressive que le modèle Twin. Il permet certes d'obtenir un séchage légèrement meilleur, mais se montre plus sensible aux pertes par brisure.

Qualité du fourrage

Faible souillure du fourrage

Comme la pirouette n'est que peu utilisée dans le cas du conditionnement intensif, on peut s'attendre à ce qu'il y ait

Récapitulatif: Contrairement à ce que l'on pourrait croire, les conditionneurs intensifs (ICS, HPC, Twin) n'entraînent pas de pertes plus élevées que la technique conventionnelle. Au contraire, les pertes sont plus réduites, dans la mesure où on peut renoncer au passage de la pirouette. Le conditionnement intensif présente donc non seulement des avantages en termes de rendement, mais également en termes de qualité, sachant que les pertes par brisure portent surtout sur les feuilles, c'est-à-dire sur la partie la plus riche du fourrage.

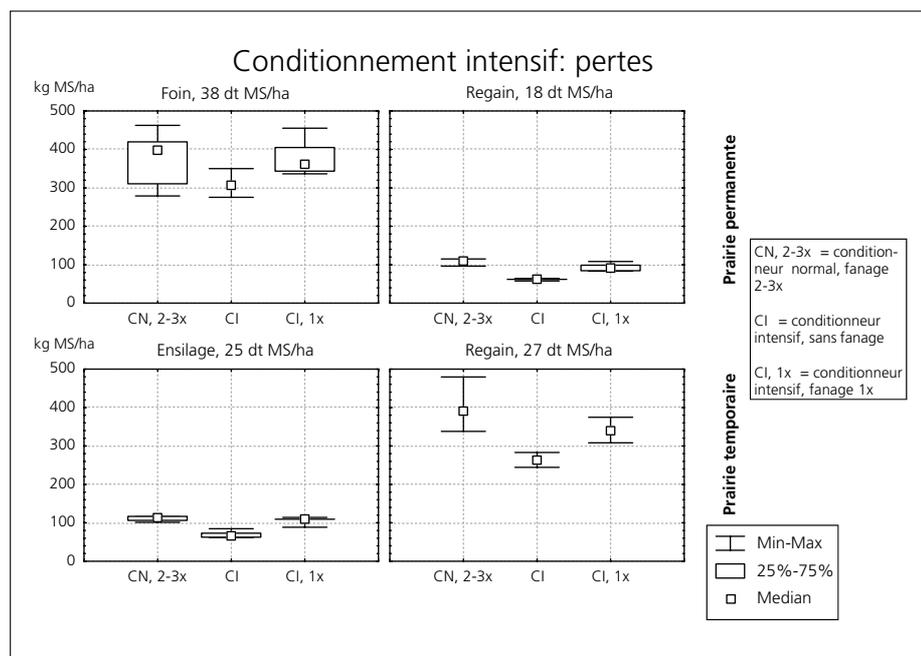


Fig. 13: Pertes au champ lors du fanage et de l'andainage du fourrage, en fonction du procédé de conditionnement, du mode de conservation et du peuplement végétal de la prairie.

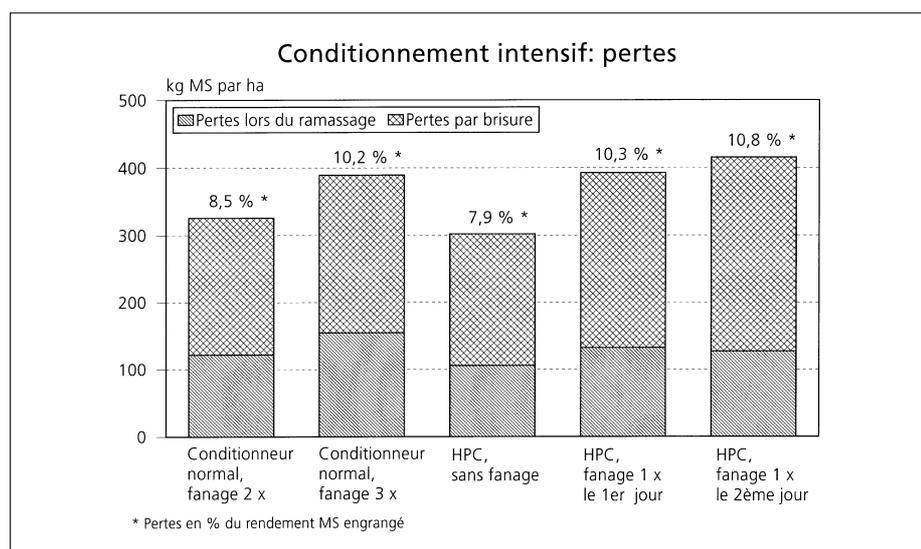


Fig. 15: Pertes au champ lors du ramassage et par brisure pour différents procédés de conditionnement. Prairie permanente, première coupe, 45% d'herbacées, rendement 38 dt de MS par ha. Teneurs en MS lors du ramassage comprises entre 59 et 73%.

des différences en ce qui concerne le degré de souillure du fourrage. Le degré de souillure se calcule à partir des teneurs en cendre brute et en particules terreuses du fourrage engrangé. Les valeurs limites sont les suivantes: 100 g par kg de MS pour la cendre brute et 10 g par kg de MS pour les particules terreuses. Le fourrage qui présente moins de 10% de cendre brute peut encore être considéré comme du fourrage propre.

La figure 16 présente les teneurs en cendre brute et en particules terreuses lors de la fauche et du ramassage, au cours d'un essai de deux jours avec de l'ensilage en automne dans une prairie temporaire. Les conditions étaient humides lors de la fauche, ce qui s'est traduit par des teneurs en cendre brute relativement élevées dans le fourrage (11%). En ce qui concerne le ramassage, on a constaté des teneurs nettement plus élevées en cendre brute et en particules terreuses avec le procédé standard et les deux passages de la pirouette, alors qu'avec le conditionneur intensif sans fanage, on n'a constaté aucune souillure supplémentaire. De telles différences n'ont toutefois pu être constatées que durant les essais où le terrain était humide, voire détrempé.

Conservation: qualité plutôt meilleure avec l'ensilage, plus mauvaise avec le foin

L'essai réalisé à la RAP pour déterminer la qualité du fourrage et ses propriétés en matière de conservation a bénéficié de conditions météorologiques idéales. Associées à la faible importance de la récolte, ces conditions ont permis au fourrage

Tab. 4: Teneurs du matériel de départ utilisé pour l'ensilage

Fourrage Conditionnement		Frais		Préfané	
		Normal	Intensif	Normal	Intensif
MS	%	20,1	19,8	46,8	32,9
Cendres brutes	g/kgMS	90	93	92	99
Protéines brutes	g/kgMS	154	148	148	158
Cellulose	g/kgMS	220	222	217	210
Sucre	g/kgMS	100	101	108	111



Fig. 14: S'il est impossible de renoncer à la pirouette, cette dernière doit alors être passée avec autant de ménagement que possible (bas régime, vitesse d'avancement pas trop faible).

de sécher extrêmement rapidement après la fauche. De ce fait, il n'a pas été possible d'obtenir des teneurs en MS qui correspondent à peu près dans les deux procédés «conditionneur intensif» et «technique conventionnelle». Pour l'ensilage notamment, les valeurs finales de MS, 46,8% pour le conditionneur conventionnel et un passage de la pirouette,

et 32,9% pour le conditionneur intensif étaient très éloignées (tab. 4). Pour le foin, les teneurs en MS étaient certes

équilibrées, mais le fourrage était très hétérogène (regain humide et très sec). Toutes ces raisons font qu'il est parfois difficile d'interpréter les résultats de cet essai.

Qualité de l'ensilage: Le tableau 4 présente les teneurs en éléments nutritifs du matériel de départ. En raison de la teneur relativement élevée en sucre, le fourrage récolté peut être considéré comme du fourrage relativement facile à ensiler.

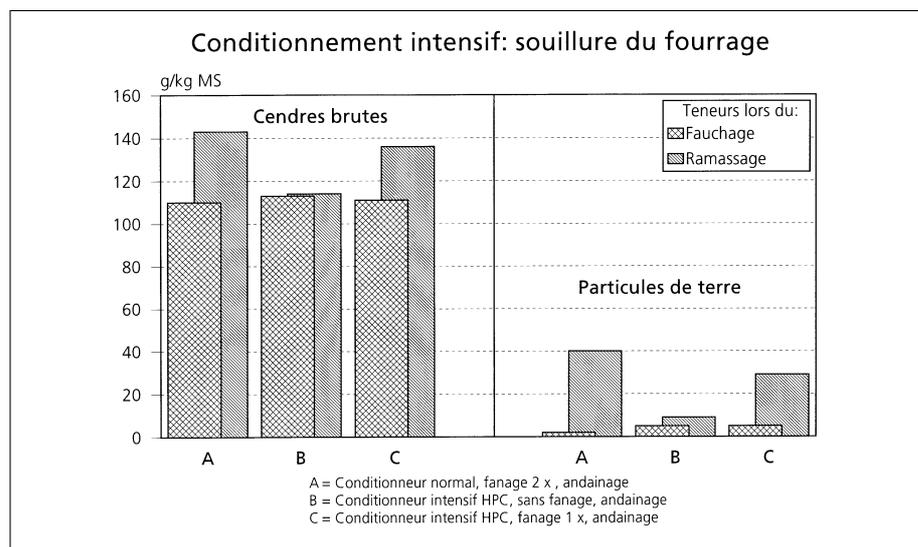


Fig. 16: Souillure du fourrage: teneurs en cendres brutes et particules de terre dans le fourrage, lors du fauchage et du ramassage. Essai réalisé avec de l'ensilage d'automne de deux jours sur un sol humide.

Tab. 5: Teneurs et paramètres de fermentation de l'ensilage dans les silos laboratoires (matière première fraîche et préfanée)

		Conditionneur normal				Conditionneur intensif			
		1er Jour	3ème Jour	7ème Jour	152ème Jour	1er Jour	3ème Jour	7ème Jour	152ème Jour
Matière première fraîche									
MS	%	19,4	19,6	19,8	19,4	19,9	19,8	19,5	
Cendres brutes	g/kg MS	90	91	94	94	94	99	97	
Protéines brutes	g/kg MS	164	167	169	170	157	156	160	
Cellulose	g/kg MS	223	209	213	222	221	222	225	
Sucre	g/kg MS	49	40	27	14	51	35	27	
pH		5,02	4,80	4,60	4,22	4,85	4,51	3,94	
Acide lactique	g/kg MS	16	26	44	95	20	43	79	
Acide acétique	g/kg MS	6	9	11	25	8	13	22	
Acide propionique	g/kg MS	0	0	0	0	0	0	0	
Acide butyrique	g/kg MS	2	1	0	14	2	1	0	
Ethanol	g/kg MS	5	8	9	10	8	9	10	
NH ₃ -N/N total	%	2,1	3,8	4,6	7,6	1,8	2,7	6,1	
Pertes de gaz de fermentation	%	0,8	2,0	2,6	5,7	1,1	2,0	3,6	
Système de pointage DLG		68	75	82	66	74	85	100	
Matière première préfanée									
MS	%	47,9	48,5	48,4	46,7	33,7	32,9	32,0	
Cendres brutes	g/kg MS	93	96	99	101	100	101	103	
Protéines brutes	g/kg MS	147	150	151	154	165	161	165	
Cellulose	g/kg MS	218	220	220	234	212	219	220	
Sucre	g/kg MS	110	113	108	66	82	58	36	
pH		5,88	5,83	5,67	4,51	4,85	4,83	4,05	
Acide lactique	g/kg MS	0	1	1	0	7	21	91	
Acide acétique	g/kg MS	0	0	0	2	4	8	17	
Acide propionique	g/kg MS	0	0	0	0	0	0	0	
Acide butyrique	g/kg MS	0	0	0	0	1	1	0	
Ethanol	g/kg MS	0	0	0	2	3	5	5	
NH ₃ -N/N total	%	0,5	0,8	1,2	3,2	1,2	2,2	4,4	
Pertes de gaz de fermentation	%	0,2	0,4	0,6	2,9	0,6	1,6	2,8	
Système de pointage DLG		61	63	68	100	87	88	100	

NH₃-N/N total: pourcentage d'azote ammoniacal dans l'azote total

Pour évaluer le processus de fermentation, les silos laboratoires ont été ouverts, 1, 3, 7 et 152 jours après la mise en silos. A cette occasion, on a analysé la teneur en éléments nutritifs et la qualité de fermentation du fourrage. La comparaison avec le produit frais et non préfané montre que le pH chute plus rapidement pour l'ensilage obtenu avec un conditionneur intensif que pour celui obtenu avec le procédé standard. En outre, il s'est formé une plus grande quantité d'acide lactique (tab. 5). Après environ quatre mois de stockage, l'ensilage obtenu avec le conditionneur conventionnel présentait de l'acide butyrique. Cette mauvaise qualité est sans doute due à la baisse insuffisante du pH suite à une teneur trop élevée en matière sèche. Les mêmes problèmes se sont également posés pour le fourrage préfané stocké dans les silos-laboratoires. Toutefois, dans ce cas, il faut prendre en compte le fait que la baisse du pH et la formation d'acide lactique dans le procédé standard ont été sévèrement limitées par la forte teneur en MS.

La figure 17 indique l'évolution des pertes de gaz de fermentation, pertes relevées dans les silos laboratoires (1,5 l). Dans le fourrage non préfané du conditionneur intensif, ces pertes étaient moins élevées qu'avec le conditionneur conventionnel. Avec l'ensilage préfané, les pertes de gaz de fermentation étaient aussi élevées dans un procédé que dans l'autre au bout de 152 jours. Après la récolte de l'ensilage, des relevés de températures ont été effectués et ont montré que le fourrage fraîchement mis en silo se réchauffait un peu plus vite lors avoir été obtenu avec un conditionneur intensif que lorsqu'il avait été produit avec le procédé standard. On peut donc en conclure que dans le premier cas, le fourrage présente une stabilité aérobie plus réduite. Quant au fourrage préfané, les deux types d'ensilage se sont réchauffés en même temps.

Les teneurs en éléments nutritifs et les paramètres de fermentation des échantillons d'ensilage prélevés dans les silos d'essais (13 m3) sont analogues aux résultats obtenus dans les silos laboratoires avec le fourrage préfané (tab. 6). En ce qui concerne le système de pointage DLG, l'ensilage obtenu avec le conditionneur conventionnel n'a pas obtenu la note maximale contrairement au conditionneur intensif. Cette situation est due aux hautes valeurs de pH, qui proviennent elles-mêmes de la teneur trop

élevée en matière sèche. Ce type d'ensilage est particulièrement sujet à la post-fermentation. Le tableau 7 présente la qualité du foin conservé. Il indique les teneurs en élé-

ments nutritifs du fourrage lors de la fauche, lors de l'installation pour le séchage en grange et après quatre jours de séchage. Le fourrage obtenu avec le conditionneur intensif avait séché très irrè-

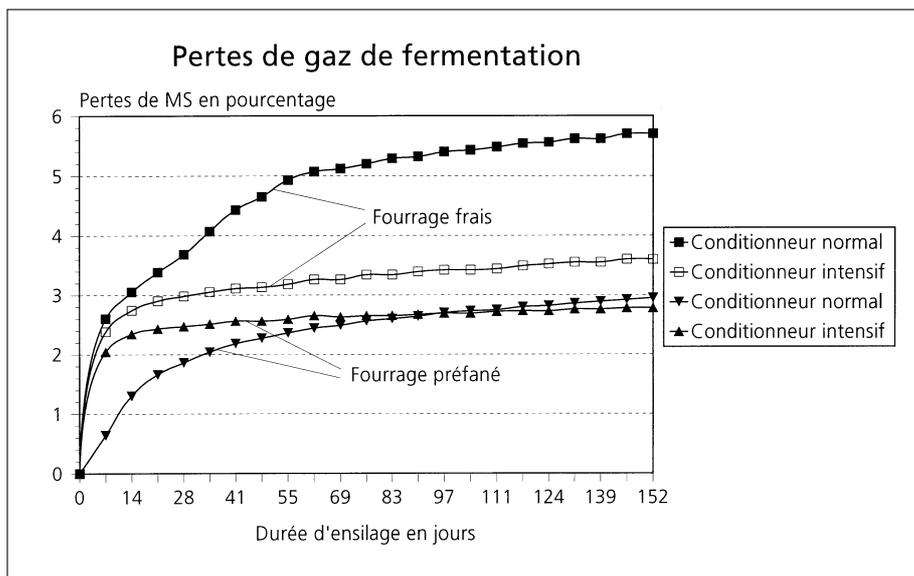


Fig. 17: Evolution des pertes de gaz de fermentation pour l'ensilage humide et l'ensilage préfané, obtenu avec conditionneur intensif et conditionneur conventionnel.

Tab. 6: Teneurs et paramètres de fermentation de l'ensilage des silos d'essais (matériel de départ préfané); moyenne de deux couches

Procédé		Conditionneur normal	Conditionneur intensif
MS	%	46,8	32,9
Cendres brutes	g/kg MS	94	100
Protéines brutes	g/kg MS	153	164
Cellulose	g/kg MS	228	217
Sucre	g/kg MS	62	31
pH		5,09	4,05
Acide lactique	g/kg MS	11	92
Acide acétique	g/kg MS	6	17
Acide propionique	g/kg MS	0	0
Acide butyrique	g/kg MS	1	1
Ethanol	g/kg MS	2	6
NH ₃ -N/N total	%	3,5	5,4
Pertes de gaz de fermentation	%	3,4	5,0
Système de pointage DLG		87	100

NH₃-N/N total: pourcentage d'azote ammoniacal dans l'azote total
 Système de pointage DLG: inférieur à 70 points = qualité d'ensilage moyenne, 71-90 points = bonne, 91-100 points = très bonne

Tab. 7: Teneurs du fourrage vert et du fourrage sec

		Conditionneur normal			Conditionneur intensif		
		Après la coupe	Lors du ramassage	Après le séchage en grange	Après la coupe	Lors du ramassage	Après le séchage en grange
MS	%	20,1	59,2	92,4	19,8	55,3	83,9
Cendres brutes	g/kg MS	90	94	91	94	94	103
Protéines brutes	g/kg MS	154	151	149	148	148	159
Cellulose	g/kg MS	220	218	227	222	214	222
Sucre	g/kg MS	101	113	110	101	115	96

Tab. 8: Composition chimique et valeur nutritive de l'ensilage et du foin

Type de fourrage Conditionneur		Ensilage		Foin	
		Normal	Intensif	Normal	Intensif
MS	%	42,6	33,6	87,9	88,3
Cendres brutes	g/kgMS	96	104	88	100
Matière organique	g/kgMS	904	896	912	900
Protéines brutes	g/kgMS	156	160	145	154
Cellulose	g/kgMS	226	228	220	209
Lignocellulose	g/kgMS	263	264	259	248
Hémicellulose	g/kgMS	137	124	172	160
Extractifs non azotés (ENA)	g/kgMS	522	509	546	536
PAI	g/kgMS	89	81	103	101
NEL	MJ/kgMS	6,4	6,5	6,8	6,4
NEV	MJ/kgMS	6,7	6,8	7,2	6,7

PAI: protéine absorbable dans l'intestin NEL: énergie nette lait NEV: énergie nette viande

Tab. 9: Digestibilité in vivo de l'ensilage et du foin en pourcentage (mesuré sur les moutons)

Type de fourrage Conditionneur	Ensilage		Foin	
	Normal	Intensif	Normal	Intensif
Matière organique	79,5	80,6	83,1 ^a	79,6 ^b
Protéines brutes	70,5 ^a	72,2 ^b	74,7	72,0
Cellulose	84,0	86,0	85,4 ^a	81,2 ^b
Membranes cellulaires	83,3 ^a	85,7 ^b	86,8 ^a	83,0 ^b
Lignocellulose	81,8	82,3	83,4 ^a	79,5 ^b
Hémicellulose	86,1 ^a	93,0 ^b	91,9	88,5
Extractifs non azotés (ENA)	80,3	80,9	84,3 ^a	81,1 ^b

Les valeurs figurant sur la même ligne, concernant le même type de fourrage et présentant un indice différent, affichent une différence significative (probabilité d'erreur p = 0,05)

Tab. 10: Influence des précipitations sur les teneurs (NEL, PAI) du foin conditionné différemment (prairie permanente, 2ème coupe, fourrage séché en grange avec 65 % MS lors du ramassage)

Date de prélèvement d'échantillon	Quantité de précipitations mm	Conditionneur normal		Conditionneur intensif HPC	
		NEL g/kgMS	PAI g/kgMS	NEL g/kgMS	PAI g/kgMS
19.6.	0	5,7	87	5,7	87
20.6.	6	5,7	89	5,7	88
23.6.	28	5,2	88	4,7	82

Récapitulatif: En ce qui concerne la production d'ensilage préfané, l'utilisation d'un conditionneur intensif peut permettre d'améliorer la qualité de fermentation suite à une baisse plus prononcée du pH et à une fermentation plus intense de l'acide lactique. Cet effet s'explique d'une part, par la densité élevée du fourrage et d'autre part, par la meilleure disponibilité du sucre pour les micro-organismes. Cependant, l'amélioration de la qualité de fermentation est défavorable à la stabilité aérobie de l'ensilage (échauffement). L'ensilage produit avec des conditionneurs intensifs est plus riche en énergie, environ 0,1 MJ supplémentai-

re; il est également plus digeste. Conditionné intensivement, le foin, lui, présente une meilleure composition chimique, car le fourrage a été ménagé lors des travaux au champ. Mais, le séchage du fourrage sur la parcelle n'en reste pas moins irrégulier et on risque de voir se former des moisissures lors du stockage du foin. Ces deux aspects rendent donc le fourrage nettement moins digeste. Enfin, l'utilisation réduite de la pirouette diminue le risque que le fourrage soit souillé, ce qui est positif notamment pour l'ensilage, car des souillures importantes favorisent la fermentation d'acide butyrique.

gulièrement et après le séchage ultérieur, des problèmes sont apparus au niveau du tas de foin. Les parties humides ont très mal séché et après la mise en presse ultérieure, certaines parties présentaient des moisissures, bien qu'au bout de quatre jours de séchage, le foin ait été aéré à la fourche avant d'être à nouveau séché.

Valeur nutritive et digestibilité

L'analyse de la composition chimique du fourrage (tab. 8) a mis en évidence des différences relativement marquées entre les deux procédés, notamment pour le foin. Le fourrage obtenu avec le conditionneur intensif présente des teneurs plus élevées en protéine brute et des teneurs plus basses en cellulose, ainsi qu'en constituants membranaires. Ces différences peuvent s'expliquer par le travail moins important du fourrage et par la réduction des pertes par brisure qui en découle. On constate également la même différence qualitative pour l'ensilage préfané, bien que de manière moins marquée.

La comparaison de la digestibilité des produits (tab. 9) fait apparaître des différences très nettes entre l'ensilage et le foin. Alors que le conditionneur intensif a permis d'améliorer la digestibilité de l'ensilage notamment en ce qui concerne les protéines brutes, les constituants membranaires et l'hémicellulose, il a eu un effet complètement inverse sur le foin, sans doute à cause du séchage hétérogène.

Le foin obtenu avec un conditionneur intensif étant moins digeste, les valeurs nutritives liées à l'énergie (NEL, NEV) étaient également plus basses. La teneur en PAI est généralement plus basse elle aussi. Pour l'ensilage en revanche, l'emploi d'un conditionneur intensif n'a guère modifié la valeur nutritive du fourrage. En ce qui concerne les valeurs énergétiques (NEL, NEV) uniquement, les teneurs se sont avérées 0,1 MJ au-dessus de celles obtenues avec le conditionneur conventionnel (tab. 8).

On peut également se demander quelle influence exerce l'intensité du fanage et de l'andainage sur la valeur nutritive du fourrage, lorsque celui-ci subit la pluie avant d'être mis en grange. Pour répondre à cette question, on a laissé sur la parcelle une partie du foin issu d'un essai de séchage, foin qui présentait une teneur

Tab. 11: Degré d'adéquation des conditionneurs intensifs pour la récolte de fourrage

Critère	Caractéristique	Description	Evaluation ¹⁾					Remarques
			1	2	3	4	5	
Mode de conservation	Ensilage préfané Fourrage sec	Ensilage haché/coupé court Balles d'ensilage Foin (1 ^{ère} coupe) Regain (coupes suivantes)	■	■	■	■	■	Andainage au bon moment indispensable Séchage irrégulier défavorable Séchage irrégulier très désavantageux, généralement nécessaire de retourner le fourrage une fois
Rendement du fourrage	Faible Moyen Important	<25 dt de MS/ha 25-40dt de MS/ha > 40dt de MS/ha	■	■	■	■	■	Ensilage/fourrage sec Ensilage/fourrage sec, recommandé de le retourner 1 x
Peuplement végétal	Prairies permanentes Prairies temporaires	Riches en graminées (60-80% PR) ²⁾ Riches en herbacées (> 30% PR) Riches en trèfles (> 30% PR) Graminées uniquement Peuplement équilibré (graminées/trèfles) Trèfles et luzerne uniquement	■	■	■	■	■	Réglage optimal difficile, risque d'importantes pertes par brisure Réglage optimal difficile Risque d'importantes pertes par brisure
Âge des plantes	Physiologique	Jeune (<24% CB dans la MS) ³⁾ Moyen (24-28%CB dans la MS) Ancien (> 28% CB dans la MS)	■	■	■	■	■	Conditionnement trop agressif
Etat du fourrage lors de la fauche	Sec Couvert de rosée, humide Détrempé par la pluie	> 18% MS 14-18% MS <14% MS	■	■	■	■	■	Le fourrage colle, mauvais séchage (répartition large!)
Etat du sol	Sec Humide Détrempé		■	■	■	■	■	Risque de souillure du fourrage Risque de souillure du fourrage
Etat du tapis végétal	Dense Lacunaire, ouvert Monticules de terre	p. ex. beaucoup de graminées de fond Couche herbeuse endommagée Campagnols, taupes	■	■	■	■	■	Risque de souillure du fourrage Souillure importante du fourrage

¹⁾ 1 = Convient très bien
²⁾ PR = Pourcentage de rendement
³⁾ CB = Cellulose brute

2 = Convient bien
4 = Convient moyennement

3 = Convient modérément
5 = Ne convient pas

en MS de 65% au moment du ramassage. On a ensuite exposé ce foin à la pluie (tab. 10). On a alors constaté qu'après un orage correspondant à une hauteur de précipitations de 6 mm (premier jour après l'engrangement), les teneurs en NEL et en PAI restaient inchangées. Les teneurs n'ont commencé à varier considérablement par rapport aux teneurs de départ lors de l'engrangement, uniquement après d'autres chutes de pluie correspondant à une hauteur de précipitations de 28 mm. Il faut toutefois noter que pour le regain travaillé intensivement, les valeurs énergétiques et protéiques ont chuté plus nettement que pour le fourrage obtenu avec un conditionneur conventionnel.

Adéquation du conditionneur intensif

Les expériences réalisées durant les essais de séchage montrent clairement que les conditionneurs intensifs ne conviennent pas dans tous les cas pour la récolte et la conservation de fourrage. Le tableau 11 donne un aperçu des restrictions éventuelles liées au peuplement végétal (composition botanique, rendement, âge physiologique), aux conditions de fauche (état du sol et de la couche herbeuse) et enfin au mode de conservation.

Peuplement végétal

Les peuplements qui conviennent le mieux pour le conditionneur intensif sont les peuplements qui ne contiennent que des graminées (prairies temporaires) ou les prairies permanentes riches en graminées. Si le réglage de la machine est correct, ces peuplements supportent sans problème le conditionnement intensif du fourrage. Par contre, il est plus difficile d'utiliser le conditionneur intensif dans des peuplements végétaux équilibrés, car il est très délicat de régler l'intensité du travail de la machine. Dans les prairies riches en légumineuses ou en herbacées, les conditionneurs intensifs ne sont que moyennement recommandés, sachant qu'il est presque impossible d'éviter d'importantes pertes par brisure. Le procédé de conditionnement intensif convient mieux lorsque le rendement est faible ou moyen que lorsque la récolte est très importante. Plus cette dernière est importante, plus les matelas ont du mal à sécher après la fauche et plus les teneurs en MS sont irrégulières. La limite critique se situe environ entre 35 et 40 dt de MS/ha suivant la culture. Comme les rendements sont souvent plus élevés lors de la première coupe et qu'un séchage régulier est très important, notamment pour le fourrage sec, les conditionneurs intensifs sont peu recommandés pour le foin.

L'emploi du conditionneur intensif dans du fourrage physiologiquement jeune (stade 1-2) est également peu recommandé, car le traitement du fourrage s'avère trop agressif, même si la machine est réglée pour ménager le fourrage.

Conservation

Les conditionneurs intensifs conviennent généralement mieux pour l'ensilage préfané que pour le foin. D'une part, pour l'ensilage, il est presque toujours possible de renoncer à l'emploi de la pirouette (sauf lorsque le rendement est très important), et d'autre part un séchage irrégulier est beaucoup moins lourd de conséquences. Lorsqu'on rentre le fourrage avec l'autochargeuse ou la hacheuse notamment, la qualité de l'ensilage ne court pratiquement aucun risque de se dégrader, car les parties sèches et humides sont mélangées. Par contre, lorsque l'ensilage est conditionné en balles rondes, les couches qui ont séché de manière différente sont enroulées sans être mélangées.

En été, du fait des faibles rendements et des températures élevées, l'ensilage risque souvent de trop sécher après le fanage. De ce point de vue, le conditionnement intensif présente un avantage, car

le risque de séchage excédentaire est nettement moins important lorsque la pirouette n'est pas utilisée.

Un point positif doit encore être soulevé: le fourrage obtenu avec des conditionneurs intensifs se comprime plus facilement et exige donc moins de place pour le stockage en silo ou en grange.

Conditions de fauche

Pour le conditionneur intensif, les conditions lors de la fauche jouent un rôle décisif pour le séchage ultérieur du fourrage. Comme le montrent deux essais réalisés dans des conditions météorologiques défavorables, l'utilisation d'un conditionneur intensif par temps de pluie ou lorsque la rosée est abondante est très désavantageuse. Alors qu'avec une faucheuse normale, on peut laisser sécher le sol entre les andains jusqu'au premier passage de la pirouette; avec le conditionneur intensif, l'eau qui se trouve à la surface du sol et sur les plantes reste prisonnière dans et sous les matelas pendant longtemps, ce qui retarde considérablement la première phase de séchage. Il est donc recommandé de ne faucher avec les conditionneurs intensifs que lorsque la culture est bien sèche.

L'utilisation d'un conditionneur intensif suppose une couche herbeuse dense et close, sans quoi le fourrage risque d'être souillé lors de la mise en andains. Le risque est le même lorsque le conditionneur intensif est passé dans des cultures où les taupinières sont abondantes, car le rouleau à brosses brasse ensemble la terre et les plantes fauchées.

Différences inhérentes aux machines dans l'utilisation pratique

Conditionnement

Les deux systèmes, HPC et Twin, n'ont pu être comparés directement qu'au cours d'un seul essai. Cet essai a cependant confirmé qu'en ce qui concerne l'accélération du séchage, le Twin n'arrive pas tout à fait à la hauteur du système du HPC. Les essais réalisés avec le Twin dans des prairies temporaires riches en trèfles ont malgré tout montré qu'il était nettement mieux adapté que le HPC pour les cultures riches en feuilles (fort pour-

centage de trèfle et d'herbacées), car son mode de conditionnement est moins agressif. Il existe également une autre différence entre les deux systèmes: l'acheminement du fourrage. Le HPC transmet directement les plantes fauchées du dispositif de coupe au conditionneur. Le Twin, lui, doit ramasser du sol le fourrage sous forme d'andains compacts. Dans la mesure où la faucheuse frontale est bien réglée (hauteur de coupe) et où elle dépose proprement les plantes fauchées entre les roues du tracteur, cette différence ne présente aucun inconvénient.

Répartition du poids

La machine HPC, faucheuse arrière à tambours d'une largeur de travail de 2,6 m, pèse plus de 1100 kg. Lorsque la faucheuse est relevée, la roue arrière droite du tracteur supporte une charge très élevée. C'est la raison pour laquelle, pour éviter tout problème lors de la fauche et pouvoir déplier et replier la faucheuse, il faut un tracteur plus gros que ne l'exige la puissance requise. La mauvaise répartition du poids se fait surtout sentir lorsqu'on fauche sur des terrains en pente. L'idéal consiste à intégrer le HPC dans une faucheuse tractée. Le poids total de la faucheuse frontale et du conditionneur est certes à peu près aussi élevé sur le Twin que sur le HPC, mais la répartition du poids sur le tracteur est bien meilleure avec le Twin à cause du montage des outils à l'avant et à l'arrière. Ce système donne au tracteur une bonne fiabilité sur les terrains en pente.

Flexibilité d'emploi

Sur le conditionneur Twin, il est possible, si nécessaire, d'arrêter le rouleau à brosses en relevant un levier. Ce système permet de faire fonctionner uniquement le rotor à doigts, lorsqu'une récolte sensible aux brisures doit par exemple être fauchée avec ménagement. En outre, la combinaison d'outils arrière-avant est très souple pour les exploitations qui produisent et conservent de plusieurs manières: fauche uniquement avec la faucheuse frontale (récolte quotidienne d'herbe), avec conditionnement normal (rouleau à brosses hors circuit) ou avec conditionnement intensif. Avec le HPC par contre, les possibilités d'utilisation sont limitées, car le conditionneur intensif est intégré dans la machine, de sorte

qu'il est seulement possible de faucher «intensivement». De ce fait, les exploitations qui ne produisent pas uniquement de l'ensilage ont besoin d'une deuxième faucheuse, en plus du HPC, ce qui n'est certes pas la solution la meilleure marché.

Rentabilité

Pour évaluer les propriétés du conditionneur intensif sur le plan de l'organisation du travail et de la gestion de l'exploitation, nous avons comparé deux procédés de conditionnement intensif (Kurmann Twin et Greenland HPC) avec un procédé traditionnel (conditionneur normal). Nous avons étudié l'organisation du travail, le coût des machines ainsi que les éventuels avantages en termes de qualité. Les calculs sont basés sur le Budget de travail et les Indemnités FAT 1998.

Les trois procédés sont les suivants:

1. Faucheuse frontale, largeur de travail 3 m en combinaison avec un conditionneur normal tracté (Kurmann K 618);
2. Faucheuse frontale, largeur de travail 3 m en combinaison avec un conditionneur intensif tracté (Kurmann K 618 Twin);
3. Faucheuse arrière, largeur de travail 2,6 m avec un conditionneur intensif intégré (Greenland CM 260 HPC).
4. Les conditionneurs nécessitent des puissances différentes et impliquent donc l'emploi de tracteurs adaptés, de 50, 60 ou 75 kW (68, 82 ou 102 CV).

Nous avons également distingué deux rations de fourrage de base: uniquement de l'ensilage d'herbe et de l'ensilage d'herbe avec du foin séché en grange.

- Ration 1: 100% d'ensilage préfané;
- Ration 2: 70% de foin (séché en grange), 30% d'ensilage préfané.

Organisation du travail

Moins d'opérations différentes, moins de pertes au champ

L'utilisation d'un conditionneur intensif permet d'accélérer le séchage du fourrage qui vient d'être coupé. Ce système permet également de réduire le nombre de passages pour faner et retourner le

fourrage. Pour l'ensilage d'herbe, il est même possible de renoncer complètement au fanage, dans la majorité des cas. La réduction des opérations permet également de réduire les pertes au champ, en qualité comme en quantité. Ces pertes sont de l'ordre de 4% pour la production d'ensilage, contre 7% avec les conditionneurs normaux. Elles sont de 10% pour le foin ventilé contre 12% avec les conditionneurs normaux. Il faut noter que la réduction des pertes porte surtout sur les parties qui ont le plus de valeur dans la plante. Pour l'ensilage d'herbe, nous partons du principe que la récolte ayant été moins travaillée, le produit final sera plus riche en éléments nutritifs. La différence de qualité se situe autour de 0,1 MJ NEL par kilogramme de matière sèche (kg de MS), (tab. 12).

Temps de travail nécessaire

La figure 18 indique le temps de travail nécessaire pour un hectare fauché avec un système traditionnel (conditionneur normal) et avec un conditionneur intensif. Le temps de travail comprend la fauche, le conditionnement et le ramassage du fourrage grossier. L'utilisation du conditionneur intensif permet de réduire le nombre des passages de la pirouette de quatre à deux (foin), ou de trois à un (regain) et de deux à zéro (ensilage préfané). Le temps de travail nécessaire à la production de fourrage (de la fauche au ramassage) s'en trouve donc réduit de 1,4 MOh par ha.

Suivant le type d'exploitation et la ration de fourrage grossier, il faut compter entre 2,6 et 4, ou 3,4 et 4,8 heures de travail par unité gros bétail (UGB). La suppression de deux passages de la pirouette grâce au conditionneur intensif permet d'économiser 1,3 à 1,4 heures de travail par UGB. Si l'on reporte ces résultats à un effectif de 20 UGB, l'emploi d'un conditionneur intensif permet de diminuer le temps de travail de 26 à 28 MOh, et ce, durant une période de pointe pour les travaux agricoles (tab. 13).

Evaluation du point de vue de l'organisation de l'exploitation

Nous comparons les trois procédés de travail pour des exploitations de 20 et 40 UGB. Pour évaluer les avantages apportés par le conditionneur intensif en terme de rentabilité, nous avons apprécié les pa-

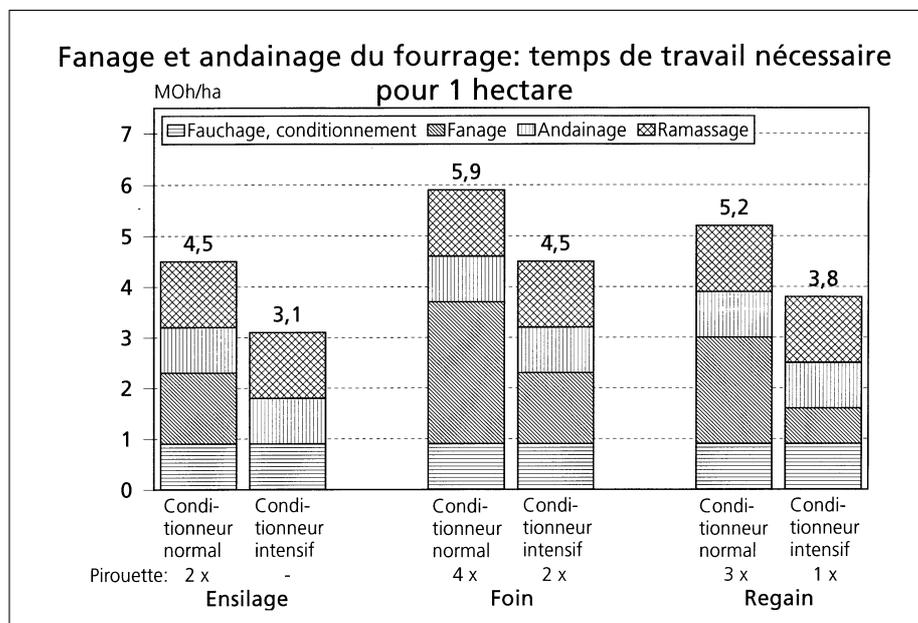


Fig. 18: Temps de travail nécessaire (MOh par ha) pour le fanage et l'andainage d'ensilage, de foin, de regain, pour un hectare de coupe, avec le conditionneur intensif et le conditionneur conventionnel. Largeurs de travail: faucheuse 3 m, pirouette jusqu'à 6 m, giro-andaineur 3,3 à 4,2 m.

Tab. 12: Nombre d'opérations, pertes de qualité et pertes au champ lors du ramassage de fourrage grossier

Fourrage grossier	Ensilage d'herbe		Foin séché en grange	
	Conditionneur normal	Conditionneur intensif	Conditionneur normal	Conditionneur intensif
Fauchage	1 x	1 x	1 x	1 x
Fanage	2 x	non nécessaire	4 x	2 x
Andainage	1 x	1 x	1 x	1 x
Pertes au champ	7%	4%	12%	10%
Pertes de qualité du fourrage	0,1 MJ NEL par kg MS			

Tab. 13: Temps de travail nécessaire pour le fauchage, le conditionnement et le ramassage de fourrage grossier, pour les deux rations

Pourcentage de fourrage grossier	Ensilage d'herbe 100%		Ensilage d'herbe 30% Foin séché en grange 70%	
	par UGB	20 UGB	par UGB	20 UGB
Procédés de fauchage:				
Conditionneur normal, tracté, 3 m	4,0 MOh	80 MOh	4,8 MOh	96 MOh
Conditionneur intensif, tracté, 3 m	2,6 MOh	52 MOh	3,4 MOh	68 MOh
Conditionneur intensif, intégré, 2,6 m	2,7 MOh	54 MOh	3,5 MOh	70 MOh

ramètres suivants (seuls ont été pris en compte les avantages et les inconvénients qualitatifs qui peuvent être quantifiés sans équivoque):

- valorisation des surfaces fourragères non utilisées,
- complément alimentaire utilisé pour compenser la qualité du fourrage grossier,
- coût du processus de travail.

Surface de fourrage grossier nécessaire

Sachant qu'avec un conditionneur intensif, les pertes au champ sont plus réduites, la surface de fourrage grossier nécessaire par animal est elle aussi plus réduite. En d'autres termes, une part du fourrage est excédentaire. Pour un cheptel de 20 UGB, la différence s'élève à 0,55 hectares de coupe, avec un affourage-

ment en ensilage d'herbe uniquement. Avec la ration combinée prescrite d'ensilage d'herbe et de fourrage sec, la différence reste encore de 0,45 hectares (tab. 14). Comment valoriser les surfaces qui restent? Les solutions varient en fonction des exploitations. Nous partons du principe que le fourrage est vendu sur pied à même la parcelle. Cette situation a des conséquences positives en ce qui concerne le temps de travail et le coût des machines. La valeur du marché du fourrage excédentaire est de 250 francs par hectare de coupe (tab. 15).

Compensation de la qualité du fourrage grossier

L'ensilage d'herbe fauchée avec le conditionneur intensif contient plus d'éléments nutritifs précieux, car les pertes sont moins importantes. Nous partons du principe que la teneur supplémentaire en éléments nutritifs s'élève à 0,1 MJ NEL par kilogramme de matière sèche. Etant donné les résultats obtenus lors de l'essai de conservation du fourrage sec (foin engrangé irrégulièrement séché, formation de moisissures), on admet que la valeur nutritive de ce type de fourrage reste la même, bien que, dans ce cas aussi, les pertes au champ soient plus réduites avec le conditionneur intensif. Si l'on fait le calcul sur 170 jours d'affouragement hivernal, le déficit énergétique compensé par le maïs grains se réduit à 246, 5 MJ NEL pour une ration de base composée à 100% d'herbe ensilée, à 74,0 MJ NEL pour une ration composée à 30% d'herbe ensilée et à 70% de foin séché en grange. Par rapport au procédé employant des faucheuses-conditionneuses conventionnelles, ce système permet d'économiser 195 g de maïs-grains par jour (teneur énergétique 8,5 MJ NEL / kg de MS) pour la ration composée exclusivement d'herbe ensilée et 60 g pour la ration combinée (tab. 16).

Frais des machines

Le tableau 17 indique les valeurs à neuf des tracteurs et des outils utilisés dans les trois procédés étudiés. Les coûts directement attribuables sont ceux qui font foi. D'une part, le coût des différents conditionneurs avec les tracteurs utilisés est déterminant pour les différences de coûts. D'autre part, pour la production d'herbe ensilée, il n'est plus nécessaire de faner le fourrage et la pirouette s'avère

donc superflue. Or, ce sont des éléments qui ont aussi leur influence. En ce qui concerne les tracteurs nécessaires pour entraîner le conditionneur, il est

important de savoir comment ils sont intégrés dans l'organisation de l'exploitation. Les conditionneurs intensifs ont besoin de tracteurs plus puissants que les

Tab. 14: Surface nécessaire pour produire le fourrage grossier nécessaire aux deux rations en fonction des procédés

Pourcentage de fourrage grossier	Ensilage d'herbe 100%		Ensilage d'herbe 30% Foin séché en grange 70%	
	Effectif animal	20 UGB	Différence	20 UGB
Procédés de fauchage:				
Conditionneur normal, tracté, 3 m	17,67 ha		18,37 ha	
Conditionneur intensif, tracté, 3 m	17,12 ha	-0,55 ha	17,92 ha	-0,45 ha
Conditionneur intensif, intégré, 2,6 m	17,12 ha	-0,55 ha	17,92 ha	-0,45 ha

Tab. 15: Valorisation des surfaces fourragères non nécessaires
Valeur de l'herbe provenant directement de la parcelle: Fr. 250.-/ha

Composition du fourrage grossier	Effectif animal	
	20 UGB	40 UGB
Ensilage d'herbe 100%		
Surface de coupe libérée	0,55 ha	1,10 ha
Produit de la vente du fourrage provenant directement de la parcelle	Fr. 138.-	Fr. 275.-
Ensilage d'herbe 30%, foin séché en grange 70%		
Surface de coupe libérée	0,45 ha	0,90 ha
Produit de la vente du fourrage provenant directement de la parcelle	Fr. 113.-	Fr. 225.-

Tab. 16: Fourrage complémentaire: besoin et coût par rapport au procédé de conditionnement intensif. Coût du maïs-grains: Fr. 62.00/dt.

Composition du fourrage grossier	Effectif animal		
	1 UGB	20 UGB	40 UGB
Ensilage d'herbe 100%			
Besoin de maïs-grains en hiver	33 kg	6,6 dt	13,2 dt
Coût par hiver	Fr. 20.50	Fr. 410.-	Fr. 820.-
Ensilage d'herbe 30%, foin séché en grange 70%			
Besoin de maïs-grains en hiver	10 kg	2,0 dt	4,0 dt
Coût par hiver	Fr. 6.20	Fr. 124.-	Fr. 248.-

Tab. 17: Machines sélectionnées et valeurs à neuf des trois différents conditionneurs

Fourrage de base	Mode de détention des machines	Valeur à neuf Fr.	Ensilage d'herbe 100%						Ensilage d'herbe 30% Foin séché en grange 70%					
			Mécánisation			Mécánisation			Mécánisation			Mécánisation		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Faucher, conditionner, ramasser:														
Faucheuse frontale, 3 m	P	13 000												
Conditionneur normal, tracté	P	6 100												
Conditionneur intensif, tracté	P	10 500												
Conditionneur intensif intégré, 2,6 m	P	26 000												
Pirouette, 4,6-6,0 m	P	10 000												
Giro-andaineur, 3,3-4,2 m	P	8 300												
Autochargeuse, 13-20 m ²	P	26 000												
Tracteurs pour faucher:														
Tracteur, 4 roues motrices, 50 kW (68 CV)	P	61 000												
Tracteur, 4 roues motrices, 60 kW (82 CV)	P ou L	77 000												
Tracteur, 4 roues motrices, 75 kW (102 CV)	P ou L	106 000												
Tracteur pour conditionner le fourrage:														
Tracteur, 4 roues motrices, 40 kW (54 CV)	P	53 000												
Tracteur pour ramasser le fourrage:														
Tracteur, 4 roues motrices, 50 kW (68 CV) comme plus haut	P	61 000												

P = Propriété L = Location

faucheuses-conditionneuses normales. Si l'exploitation dispose déjà de telles machines, il suffit de prendre en compte leurs coûts variables. Toutefois, si ces véhicules ne sont pas disponibles sur l'exploitation, il est recommandé de les louer. En cas d'achat spécial d'un tracteur plus puissant pour les besoins du conditionneur intensif, les coûts supplémentaires doivent être imputés au processus correspondant. D'une faucheuse-conditionneuse arrière normale à un conditionneur intensif tracté, il faut compter une augmentation de puissance de 50 à 60 kW (de 68 CV à 82 CV). Pour le conditionneur intensif intégré (Greenland HPC), il faut même compter 75 kW (102 CV). La différence des coûts annuels fixes entre un tracteur de 50 et un tracteur de 60 kW s'élève à 1846 francs par an, et même à 5190 francs entre un modèle de 50 et un de 75 kW. Comme le montre le tableau 18, les procédés utilisant un conditionneur intensif pour 100% d'ensilage d'herbe entraînent des coûts plus faibles dans la mesure où les tracteurs nécessaires au conditionneur sont déjà disponibles sur l'exploitation ou sont pris en location. Ceci tient essentiellement à ce que la pirouette n'est plus nécessaire. En revanche, les coûts augmentent considérablement lorsque les tracteurs plus puissants doivent être achetés spécialement pour le conditionneur intensif. Pour un troupeau de 20 UGB, cela entraîne une charge supplémentaire qui peut aller jusqu'à 238 francs par UGB et par an.

En cas d'achat d'un tracteur plus puissant, il est plus facile, lors de l'achat ou du remplacement des autres machines et outils, de passer à des unités supérieures. Dans de telles situations, les coûts fixes supplémentaires ne doivent plus uniquement être imputés au processus de fauche, mais doivent être évalués en général.

Avec la ration combinée de fourrage grossier (foin séché en grange, ensilage préfané), on constate l'influence de la pirouette utilisée. Dans ce cas et à une exception près (40 UGB, conditionneur intensif tracté, tracteur en propriété), tous les procédés utilisant un conditionneur intensif affichent des coûts supérieurs.

Comparaison des procédés

Le tableau 19 indique les conséquences sur le coût global des procédés. En ce qui concerne la surface de fourrage grossier

et les compléments alimentaires, les adaptations favorables aux conditionneurs intensifs revenaient à 27 francs par UGB dans la ration 1 (100% d'herbe ensilée) et à 12 francs par UGB dans la ration 2 (30% d'herbe ensilée et 70% de fourrage séché en grange). Dans la mesure où le tracteur nécessaire au conditionneur intensif est déjà disponible sur l'exploitation ou peut être loué, ces procédés sont meilleur marché lorsque les animaux reçoivent une alimentation constituée exclusivement d'herbe ensilée. Par contre, lorsque les rations sont combinées, les différences sont moindres.

Le procédé n'est pas intéressant d'un point de vue économique, lorsque l'achat du conditionneur intensif implique également l'achat d'un tracteur plus puissant. Or, il est probable que ce cas soit relativement fréquent dans la pratique, notamment avec le système intégré (Greenland HPC). Les coûts supplémentaires par UGB atteignent rapidement plusieurs centaines de francs (20 UGB, ration combinée, 274 francs par UGB). La figure 19 montre comment se répartissent les coûts des procédés en fonction de la taille de l'exploitation, c'est-à-dire en fonction du nombre d'UGB.

Tab. 18: Frais de machines attribuables en francs par UGB et par an

Variantes tracteur pour conditionneur	Tracteur pour conditionneur	Ration 1: Ensilage d'herbe 100%		Ration 2: Ensilage d'herbe 30% Foin séché en grange 70%	
		20 UGB	40 UGB	20 UGB	40 UGB
Procédé		Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
Variante 1: Tracteur disponible sur l'exploitation pour le conditionneur					
Conditionneur normal, tracté	50 kW (68 CV)	302.–	195.–	317.–	209.–
Conditionneur intensif, tracté	60 kW (82 CV)	254.–	162.–	319.–	198.–
Conditionneur intensif, intégré	75 kW (102 CV)	280.–	182.–	347.–	219.–
Variante 2: Tracteur loué pour le conditionneur intensif					
Conditionneur intensif, tracté	60 kW (82 CV)	269.–	178.–	336.–	215.–
Conditionneur intensif, intégré	75 kW (102 CV)	300.–	201.–	370.–	242.–
Variante 3: Tracteur acheté spécialement pour le conditionneur intensif					
Conditionneur intensif, tracté	60 kW (82 CV)	344.–	206.–	410.–	243.–
Conditionneur intensif, intégré	75 kW (102 CV)	540.–	311.–	602.–	345.–

Tab. 19: Coûts des procédés en francs par UGB et par an pour la conservation de fourrage. Sont pris en compte: les coûts des machines, le rendement des surfaces résiduelles et le fourrage complémentaire.

Variantes tracteur pour conditionneur	Tracteur pour conditionneur	Ration 1: Ensilage d'herbe 100%		Ration 2: Ensilage d'herbe 30% Foin séché en grange 70%	
		20 UGB	40 UGB	20 UGB	40 UGB
Procédé		Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
Variante 1: Tracteur disponible sur l'exploitation pour le conditionneur					
Conditionneur normal, tracté	50 kW (68 CV)	302.–	195.–	317.–	209.–
Conditionneur intensif, tracté	60 kW (82 CV)	226.–	135.–	307.–	186.–
Conditionneur intensif, intégré	75 kW (102 CV)	253.–	154.–	335.–	208.–
Variante 2: Tracteur loué pour le conditionneur intensif					
Conditionneur intensif, tracté	50 kW (68 CV)	242.–	150.–	324.–	204.–
Conditionneur intensif, intégré	75 kW (102 CV)	272.–	173.–	358.–	230.–
Variante 3: Tracteur acheté spécialement pour le conditionneur intensif					
Conditionneur intensif, tracté	50 kW (68 CV)	317.–	179.–	398.–	231.–
Conditionneur intensif, intégré	75 kW (102 CV)	513.–	284.–	591.–	333.–

Le temps de travail nécessaire n'est pas pris en compte dans les calculs. Nous partons du principe que la récolte du fourrage grossier n'exige pas l'emploi de main-d'œuvre supplémentaire. Si l'on tient compte du coût de la main-d'œuvre, il faudrait déduire entre Fr. 30.– et Fr. 35.– par UGB sur les coûts généraux pour le procédé de conditionnement intensif.

Récapitulatif: L'emploi d'un conditionneur intensif permet de réduire considérablement la charge de travail pour le fanage et l'andainage du fourrage. Pour un troupeau de 20 UGB, ce procédé permet d'économiser 27 MOh par an. Toutefois, le procédé n'est plus avantageux par rapport aux procédés conventionnels de fanage et d'andainage, que si l'on peut faire l'économie complète des coûts variables et fixes de la pirouette, en d'autres termes, que si le fourrage grossier est conservé uniquement comme ensilage. Il existe enfin une dernière condition: le tracteur nécessaire au conditionneur intensif ne doit ni être loué, ni acheté exprès pour l'occasion. Lorsque la ration de fourrage grossier est combinée, les différences de coûts ne sont pas significatives.

Evaluation globale et conclusions

Le tableau 20 donne une vue d'ensemble des avantages et des inconvénients du conditionneur intensif par rapport à la technique traditionnelle de conditionnement du fourrage grossier. Les avantages les plus significatifs portent sur la charge de travail, le séchage, les pertes au champ et la qualité de l'ensilage. Quant aux inconvénients, ils touchent essentiellement la puissance requise par la machine, la conservation du foin et l'adaptation de ce système aux parcelles de fourrage très feuillu.

Le procédé est-il utilisé uniquement pour produire de l'ensilage ou également pour produire du foin? Le bilan de l'évaluation dépend largement de cette question. Dans le cas d'une production exclusive d'ensilage, les avantages prévalent. Par contre, lorsque la conservation porte sur plusieurs types de fourrage (foin et ensilage), le bilan s'avère moins positif (per-

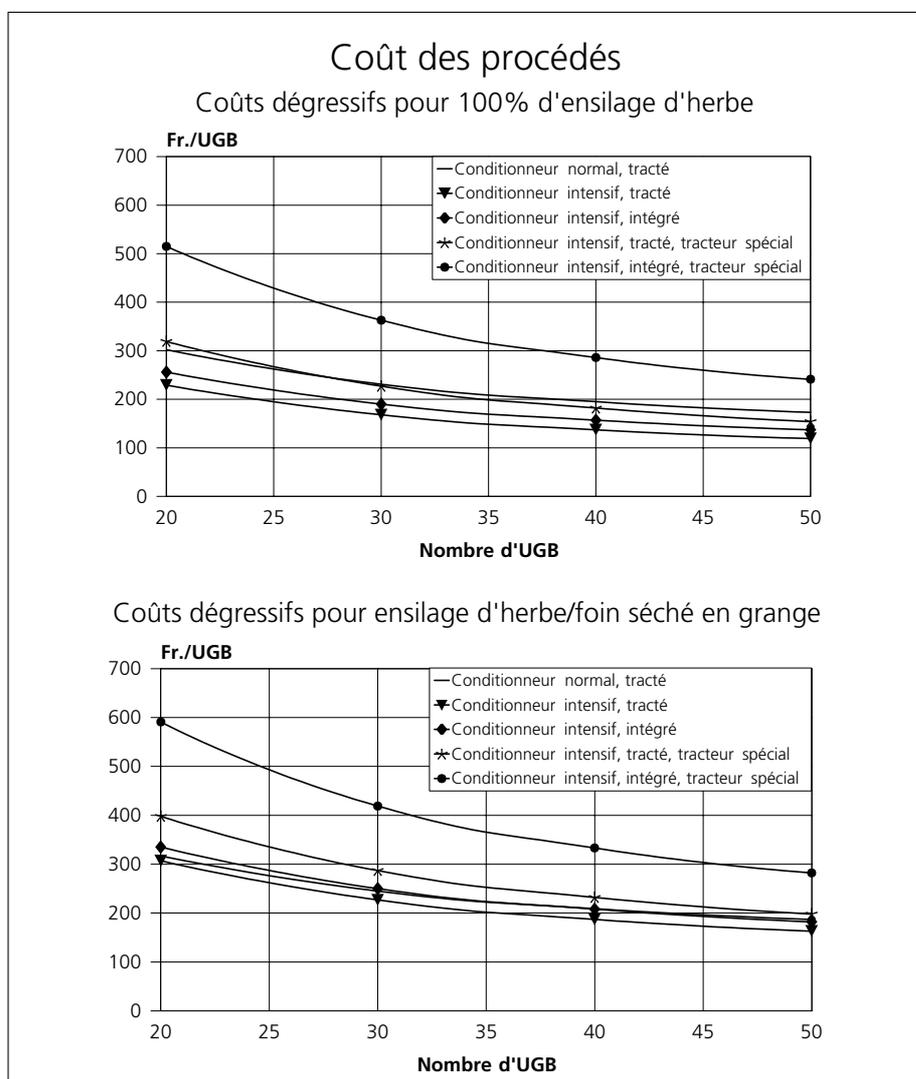


Fig. 19: Coûts des procédés en Fr. par UGB (frais des machines, rendement des surfaces résiduelles, aliment complémentaire) pour la conservation exclusive d'ensilage et pour la conservation combinée d'ensilage et de fourrage grossier.

tes au champ, qualité du foin, coûts du procédé et des machines). Ces résultats s'expliquent principalement par la baisse de qualité du foin, due à un séchage irrégulier du fourrage sur la parcelle. Pour éviter les inconvénients d'un foin de mauvaise qualité, il faut à tout prix éviter d'engranger les parties de la récolte encore humides. Cela veut donc dire qu'à quelques rares exceptions près, il n'est pas conseillé de renoncer à l'usage de la pirouette pour la production de fourrage sec.

Si l'utilisation des conditionneurs intensifs est limitée dans les cultures fourragères en Suisse, cela ne tient pas uniquement à la conservation toujours aussi importante de fourrage sec. Il y a une autre raison. Les peuplements végétaux sont en effet beaucoup plus diversifiés qu'à l'étranger et comprennent parfois une large part de légumineuses et d'her-

bacées, pour lesquelles le conditionnement intensif convient moins bien que pour un peuplement constitué uniquement de graminées.

Le temps de travail économisé pour le fanage et l'andainage du fourrage n'apporte certes aucun bénéfice susceptible d'être comptabilisé en francs, mais il permet de contourner élégamment l'importante charge de travail nécessaire pour «faucher et retourner immédiatement le fourrage», opérations qui peuvent poser problème notamment lors de la première coupe, et ce, sans retarder le processus de séchage pendant des heures. Cette technique peut s'avérer très avantageuse, notamment dans les exploitations où la récolte des fourrages s'effectue par une seule personne.

Du point de vue des coûts, le conditionnement intensif permet également

Tab. 20: Evaluation du conditionnement intensif comparé avec la technique traditionnelle (conditionneur normal)

Conditionnement intensif: récapitulatif des avantages et inconvénients		Inconvénients			Avantages		
Critère		Significatifs	Modérés	Faibles	Faibles	Modérés	Significatifs
Séchage:	rendement < 35 dt MS/ha rendement > 35 dt MS/ha						2), 3)
Pertes au champ:	ensilage foin / regain						3)
Risque de souillure du fourrage							
Qualité de l'ensilage:	qualité de fermentation: pH, acide lactique valeur nutritive: énergie, protéine digestibilité						
Qualité du fourrage sec:	qualité de conservation valeur nutritive: énergie, protéine digestibilité						
Adéquation du peuplement végétal:	riche en graminées équilibré riche en trèfles et herbacées						4) 4)
Adéquation de la conservation:	balles d'ensilage ensilage haché / coupé court foin sec (séché en grange)				Aucune différence		
Puissance nécessaire							5)
Travail nécessaire pour le fanage et l'andainage de fourrage							
Coût des machines:	100% d'ensilage ensilage et fourrage sec						6) 6)
Coût des procédés: ¹⁾	100% d'ensilage ensilage et fourrage sec				Aucune différence		6) 6)

¹⁾ Sont pris en compte: le coût des machines, le rendement des surfaces résiduelles, le fourrage complémentaire (sans main-d'oeuvre).
²⁾ Condition: retourner le fourrage 1 à 2 x avec la pirouette.
³⁾ Dépend du régime de travail de la pirouette.
⁴⁾ Evaluation valable pour le système rouleau à brosses / rouleau cannelé en acier HPC.
⁵⁾ Kurmann Twin avec légère différence.
⁶⁾ Hypothèse: tracteur de puissance requise disponible sur l'exploitation.

d'obtenir des résultats nettement meilleurs pour la production exclusive d'ensilage que pour les rations combinées de fourrage grossier. D'une part, la pirouette n'étant plus nécessaire, les frais de cette machine disparaissent et d'autre part, la meilleure qualité de l'ensilage (pertes au champ, qualité de fermentation, valeur nutritive) se répercute également sur le coût des procédés. Pour les exploitations qui ne peuvent pas renoncer à la pirouette, les frais d'acquisition élevés d'un conditionneur intensif ont un impact négatif sur les coûts, à moins que l'on parvienne à atteindre un taux d'utilisation important de la machine. Il faut également évaluer l'adéquation du procédé du point de vue de la qualité technique des outils. Les exigences élevées et parfois très spécifiques des cultures fourragères en Suisse (grande importance du foin, nombreuses variétés de fourrage, terrains en pente) ont, dès le départ, été prises en compte dans le con-

cept de développement du Kurmann Twin. Il en résulte un conditionneur intensif adapté aux conditions suisses, qui travaille avec ménagement, dont les possibilités sont variées et qui s'adapte très bien aux terrains en pente grâce à son faible poids. En outre, les coûts restent dans la limite de ce qui peut être intéressant pour les exploitations de taille moyenne.

En conséquence, l'achat d'un conditionneur intensif devrait s'avérer intéressant pour les exploitations qui présentent les conditions suivantes:

- exploitations de taille moyenne à importante, avec 30 UGB au minimum;
- conservation du fourrage grossier principalement comme ensilage préfané;
- recherche d'un fourrage de base de qualité élevée;
- variétés de fourrage faciles à conserver;
- main-d'œuvre supplémentaire non disponible (domaine exploité par une seule personne).



Fig. 20: Comme la machine dépose le fourrage sur toute la largeur de coupe, il est recommandé de n'utiliser le conditionneur intensif que lorsque le sol est sec. Sans quoi le séchage s'en trouve considérablement retardé au départ.



Fig. 21: Contrairement à la méthode traditionnelle de fanage et d'andainage du fourrage, avec le conditionneur intensif, les andains doivent être formés assez tôt et le fourrage doit être laissé en andains au moins une heure avant d'être ramassé.

Recommandations pour l'utilisation des conditionneurs intensifs

Opération	Mesure	Explication
Fauchage	<ul style="list-style-type: none"> – Éviter de faucher lorsque le sol est humide; – Lorsque la rosée est importante ou lorsqu'il a plu, attendre que les plantes aient suffisamment séché; – Lorsque la formation de rosée est importante pendant la nuit, faucher la veille plutôt que le matin; – Ne pas faucher trop court; laisser des chaumes d'au moins 5 à 7 cm. 	<ul style="list-style-type: none"> – Le sol humide ou le fourrage humide retardent le séchage; – Lorsque le fourrage est coupé trop court, il risque d'être souillé lors de la formation des andains.
Fanage	<ul style="list-style-type: none"> – N'utiliser la pirouette que si nécessaire; – Utiliser la pirouette avec ménagement; régime réduit; vitesse d'avancement relativement élevée; – Foin: le retourner au moins une fois, lorsque la récolte est importante; – Ne pas retourner lorsque le degré de séchage est trop important. 	<ul style="list-style-type: none"> – Faner le fourrage trop fréquemment et de manière trop agressive entraîne des pertes au champ inutiles; – Le fourrage séché irrégulièrement donne du foin de mauvaise qualité; – Retourner le fourrage lorsque la teneur en MS est élevée entraîne des pertes au champ importantes.
Conditionnement	<ul style="list-style-type: none"> – Choisir un réglage optimal adapté aux plantes récoltées. Objectif: pas de feuilles tranchées, tiges seulement plissées. 	<ul style="list-style-type: none"> – Un conditionnement trop agressif entraîne des pertes au champ élevées pour le fanage ultérieur.
Andainage	<ul style="list-style-type: none"> – Former les andains à temps lorsque les conditions de séchage sont encore bonnes. 	<ul style="list-style-type: none"> – Lorsque l'andainage est trop tardif, le fourrage ne sèche pas suffisamment dans les andains.
Ramassage	<ul style="list-style-type: none"> – Après l'andainage, laisser reposer le fourrage pendant au moins encore une heure sur la parcelle. 	<ul style="list-style-type: none"> – Un ramassage immédiat du fourrage après sa mise en andains l'empêche de finir de sécher.