

Mais shredlage ou plante entière standard pour les taurillons à l'engrais?

Isabelle Morel, Jean-Luc Oberson, Vivien Nadau et Ueli Wyss

Agroscope, 1725 Posieux, Suisse

Renseignements: Isabelle Morel, isabelle.morel@agroscope.admin.ch



Quel ensilage est le plus indiqué pour les taurillons à l'engrais? (Photo: Agroscope)

Introduction

Malgré sa faible valeur azotée et ses importants besoins nutritifs et hydriques, le maïs reste le fourrage le plus utilisé dans les rations pour les taurillons à l'engrais en Suisse. Ses rendements élevés grâce aux progrès réalisés dans la sélection variétale, sa facilité d'utilisation que ce soit au niveau cultural, de récolte ou de conservation, alliés à une haute densité énergétique, en font un fourrage attractif pour les éleveurs et engraisseurs de bovins. L'ensilage de maïs peut représenter une part importante de la ration des taurillons à l'engrais, pouvant

atteindre jusqu'à 75 % de la matière sèche ingérée (MSI). Ainsi, la qualité de l'ensilage et sa valeur nutritive jouent un rôle essentiel pour la réussite de l'engraissement, et la technique d'ensilage constitue un des leviers d'action potentiel sur la nature du fourrage obtenu.

Développée aux États-Unis depuis 2008, Shredlage® est une nouvelle technique de récolte du maïs d'ensilage plante entière, où les tiges passent à travers des rouleaux éclateurs rainurés en croix qui broient intégralement les rafles et éclatent les grains par frottement.

Selon la description donnée par le fabricant, «les tiges sont broyées dans le sens de la longueur pour déstructurer les fibres, l'écorce étant retirée totalement grâce au profil spécifique des rouleaux. Le conditionnement intensif du fourrage a pour effet d'offrir davantage de surface aux bactéries pour un processus de fermentation optimal de l'ensilage et pour la digestion dans la panse des bovins». Le fourrage peut être récolté en brins plus longs (26–30 mm). Le fabricant de machine Claas mentionne également, dans sa brochure promotionnelle, l'amélioration du CSPS (*Corn Silage Processing Score*) qui permet d'évaluer la proportion d'amidon disponible dans la panse en fonction du degré de conditionnement des grains (Claas 2017). Celui-ci pourrait atteindre 80 % avec la technique Shredlage contre 55 % en moyenne pour l'ensilage conventionnel.

Quels résultats peut-on attendre de cette technique?

À ce jour, il n'y a pas à notre connaissance d'étude scientifique sur l'utilisation du maïs shredlage en engraissement bovin. En revanche, des essais d'alimentation ont été réalisés en Allemagne sur vaches laitières avec des résultats parfois contradictoires. Pries et Bothe (2016) ont comparé des rations contenant jusqu'à 45 % (base matière sèche [MS]) de maïs conventionnel haché à 7 mm ou shredlage haché à 26 mm avec ou sans adjonction de paille. Sur la base des mesures de digestibilité sur moutons et sur vaches laitières, la valeur nutritive des ensilages et des rations comparées ne s'est pas différenciée. L'ingestion et la production laitière n'étaient pas significativement différentes. Seules les valeurs pH dans la panse et la durée de rumination se sont révélées inférieures avec le maïs conventionnel sans ajout de paille par rapport aux trois autres variantes. Selon Etle (2016), dans un essai avec 48 vaches laitières recevant une ration contenant 38,7 % d'ensilage de maïs (base MS) sous forme conventionnelle ou shredlage, l'ingestion était de 10 % inférieure dans le groupe shredlage, sans effet significatif sur la production laitière ($P=0,29$) ni sur la durée de rumination ($P=0,53$).

Essai d'engraissement à Posieux

Trente taurillons de différents types génétiques (croisements Limousin sur Holstein, Red Holstein et Tachetée rouge; Simmental et Montbéliard ainsi que leur croisement avec Tachetée rouge ou Red Holstein) ont été répartis dans deux traitements de façon équilibrée en fonction du type génétique, du poids vif et de leur accroissement journalier durant la période d'élevage. Les animaux de la variante témoin ont reçu une ration à base d'ensilage de maïs plante entière haché à 10 mm

Résumé

Afin d'étudier l'influence de la méthode de récolte Shredlage par rapport à la méthode conventionnelle pour l'ensilage de maïs plante entière, un essai d'engraissement réunissant deux groupes de chacun 15 taurillons a été mis en place à Agroscope, site de Posieux. Les animaux étaient issus de croisements entre une mère de race laitière et un père d'une race à viande. Ils ont été gardés en stabulation libre durant la période expérimentale qui a débuté au PV moyen de 170 kg et s'est étendue jusqu'au PV final de 530 kg. À l'exception du type de maïs (standard, haché à 10 mm ou shredlage, haché à 30 mm), les deux rations étaient formulées de la même manière avec 72 % d'ensilage de maïs (sur la base de la matière sèche) ainsi que les mêmes compléments protéiques et énergétiques. Le maïs shredlage a eu pour effet de réduire le temps consacré à l'ingestion, entraînant un niveau de consommation plus bas en début et en fin d'engraissement ainsi qu'une croissance tendanciellement inférieure. Des effets significativement positifs avec le maïs de type shredlage ont été observés sur le rendement à l'abattage et donc le poids de carcasse. Ces résultats doivent toutefois encore être confirmés. Au final, aucune des deux variantes ne se distingue lors de l'évaluation économique.

(MST) et ceux de la variante expérimentale une ration à base de maïs shredlage (SHR) avec une longueur de coupe de 30 mm. Les fourrages de la variété Gottardo ont été récoltés sur la même parcelle à quatre jours d'intervalle (MST puis SHR). Les animaux ont été détenus en stabulation libre avec aire de repos sur paille profonde et aire de sortie. La période d'engraissement (transfert des animaux des écuries d'élevage vers les étables expérimentales et mise en lot) a débuté au poids vif (PV) moyen d'environ 170 kg ($169,6 \pm 17,5$) et s'est étendue jusqu'au PV final d'environ 530 kg¹ ($527,5 \pm 6,1$). Les mesures d'ingestion individuelle ont débuté au PV moyen de $187,6 \pm 18,2$ kg après une période d'adaptation de deux semaines à la ration et à l'étable (fig. 1).

¹ Une partie des animaux de chaque variante a été abattue à un poids vif final de 600 kg. Pour la mise en valeur, les données jusqu'à 530 kg ont été prises en compte.



Figure 1 | Grâce au système électronique de crèches montées sur balance, l'ingestion journalière individuelle peut être mesurée automatiquement. (Photo: Isabelle Morel, Agroscope)

Le plan d'alimentation utilisé a été calculé sur la même base pour les deux rations en intégrant les recommandations du Livre vert (Agroscope 2015) et les résultats de l'essai d'engraissement de l'année précédente (Morel 2016). La même valeur nutritive a été prise en compte pour les deux ensilages, qui ont été complétés de façon semblable avec un aliment concentré énergétique et deux aliments concentrés protéiques du commerce. Dans

les deux variantes, de la paille a été mise à disposition dans des râteliers et sa consommation a été mesurée par groupe. De plus, un aliment d'attrait composé de 91 % de cubes de maïs plante entière, 8 % de mélasse et 1 % de sel bétail a été donné à raison de 260 g par animal et par jour au distributeur automatique de concentrés (DAC), dans le but d'inciter les taurillons à y entrer régulièrement. Les DAC étant montés sur une plateforme équipée d'une balance, un suivi quotidien de l'évolution du poids vif des animaux peut être assuré (fig. 1).

Même valeur nutritive mais ingestion différente

Les onze analyses des deux ensilages utilisés en cours d'essai révèlent une teneur en amidon de $5,4 \pm 3,1$ % supérieure et une teneur en fibres (cellulose brute, ADF, NDF) de 3 à 4 % inférieure pour le SHR par rapport au MST (tabl. 1). Les quatre jours de différence lors de la récolte des lots de ces fourrages peuvent être à l'origine de ces différences. Les teneurs en autres éléments nutritifs sont similaires.

À partir des données obtenues avec le séparateur de particules (Rothacher *et al.* 2019) et sans tenir compte de l'apport de paille, la fibrosité calculée de la ration exprimée en peNDF (*physically effective neutral detergent fiber*) selon Beauchemin et Yang (2005) n'était pas meilleure avec la ration SHR (17,4 %) qu'avec celle de MST (19,3 %).

Entre le début des mesures d'ingestion et la fin de la période expérimentale, le niveau d'ingestion du groupe MST a été constamment supérieur à celui du groupe

Tableau 1 | Composition chimique et valeur nutritive des ensilages et des rations.

		Maïs		Rations	
		MST (n=11)*	SHR (n=11)*	MST	SHR
Matière sèche	%	35,0	33,6	49,0	48,0
Dans la MS:					
Matière azotée	g	67	69	141	141
Cellulose brute	g	187	181	155	149
ADF	g	218	211	184	181
NDF	g	378	363	327	318
Matière grasse	g	33	32	37	36
Amidon	g	391	412	330	347
NEV	MJ	7,4	7,4	7,4	7,4
PAIE	g	69	69	100	100
PAIN	g	42	43	96	96

*Pour la matière sèche: MST n=40; SHR n=43.

MS: matière sèche; ADF: lignocellulose; NDF: parois; NEV: énergie nette pour la production de viande; PAIE: protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de l'énergie disponible; PAIN: protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de la matière azotée dégradée.

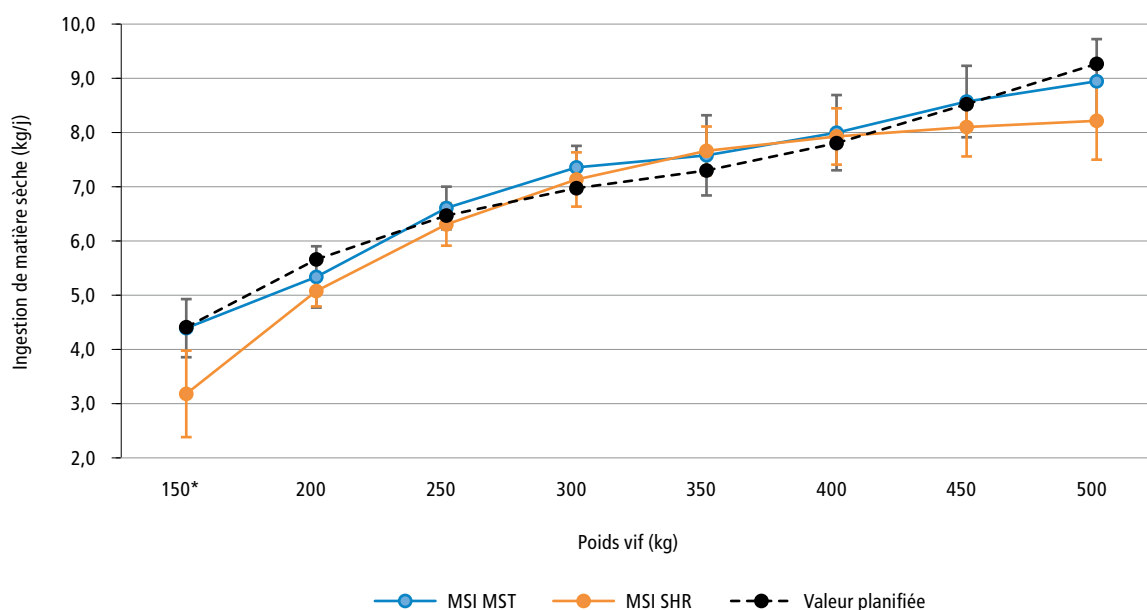


Figure 2 | Ingestion journalière de matière sèche en fonction du poids vif.

*Les données ne concernent que les animaux dont le poids était inférieur ou égal à 150 kg au début de la période de mesure de l'ingestion (poids moyen de tous les animaux 188 kg).

SHR, excepté entre environ 300 et 400 kg PV, où les courbes d'ingestion se sont rapprochées et même inversées pendant une courte période (fig. 2). Au démarrage et à partir de 450 kg PV, l'écart en faveur du groupe MST s'accroît et devient même significatif en fin d'engraissement ($P=0,023$). Avec $7,30 \pm 0,46$ pour MST contre $6,97 \pm 0,46$ kg MS (matière sèche) pour SHR par jour en moyenne entre 188 et 530 kg PV, la différence d'ingestion est proche du seuil de signification ($P=0,054$). En conséquence, les ingestions journalières d'énergie, de PAI et de MA (matière azotée) étaient également supérieures en moyenne de resp. 2,2 MJ, 33 g et 41 g (tous $P > 0,05$ et $< 0,10$). La paille mise à disposition a aussi eu tendance à être davantage consommée par les animaux du groupe MST avec en moyenne 77 g par jour contre 53 g pour ceux du groupe SHR.

On observe également que par rapport à l'ingestion planifiée, basée sur les résultats d'un essai précédent (Morel 2016), la MSI mesurée pour le groupe MST s'écartait peu de la courbe, les plus grandes différences positives étant constatées à 300 et 350 kg PV (resp. +0,38 et +0,28 kg MS/j) et négatives à 200 et 500 kg PV (-0,32 kg MS/j).

En tenant compte de l'ingestion effective, les proportions (MS) de chaque composant des deux rations MST et SHR s'élèvent respectivement à 71,9 et 72,5 % d'ensilage de maïs, 21,1 et 20,0 % de concentrés protéiques, 3,9 et 4,0 % de concentré énergétique et 3,1 et 3,5 % d'aliment d'attrait.

La concentration en nutriments et la valeur nutritive des deux rations MST et SHR ne diffèrent pas significativement (tabl. 1). Comme pour les teneurs dans les maïs, de légères différences apparaissent uniquement pour les concentrations en CB, NDF et amidon. L'approvisionnement en éléments majeurs et en oligoéléments a été égal (Se et Mn) ou supérieur aux recommandations du Livre vert. L'emploi d'aliments concentrés du commerce, tous minéralisés, permet d'expliquer cette constatation.

Croissance et indice de consommation

Le gain moyen quotidien (GMQ) de 170 à 530 kg PV s'est élevé à resp. 1578 ± 188 g pour MST contre 1500 ± 126 g pour SHR ($P=0,067$) et à resp. 1452 ± 136 g contre 1403 ± 118 g entre l'achat des veaux à 72 kg ($71,6 \pm 6,1$) et 530 kg PV ($P=0,10$). L'évolution de la courbe de croissance (fig. 3) montre que c'est au début de la phase de croissance que les animaux de la variante SHR ont pris le plus de retard par rapport au groupe MST. Entre 200 et 250 kg PV, les écarts de GMQ atteignent jusqu'à 140 g/j ($P=$ resp. 0,10 et 0,07). Plus tard en revanche, ils compensent leur retard avec des croissances plus élevées à partir de 350 kg PV avant de finir à nouveau avec une croissance inférieure en fin de période d'engraissement (ns). Ainsi, la courbe de croissance du groupe SHR présente une forme plus concave que celle des animaux du groupe témoin MST. Par rapport à l'objectif de croissance planifié, le GMQ effectivement réalisé a été su-

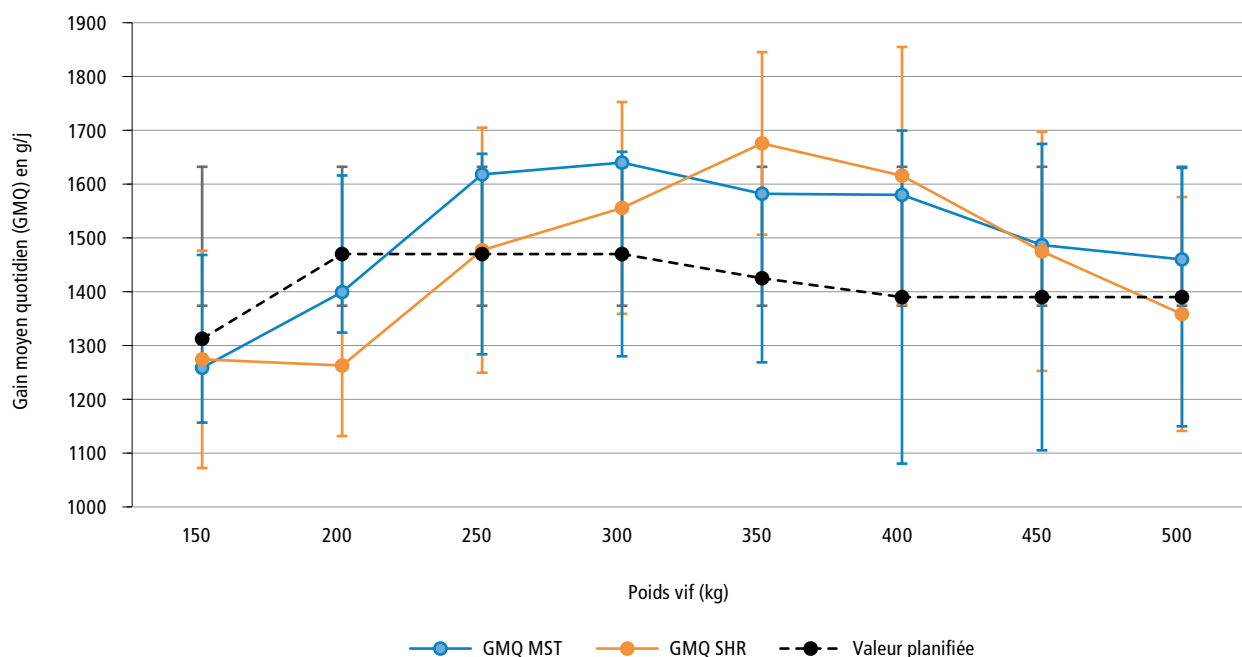


Figure 3 | Gain moyen quotidien en fonction du poids vif.

périeur pour les deux variantes de resp. 11 (MST) et 6 % (SHR) mais uniquement à partir de 250 kg PV environ. Cette constatation confirme la nécessité de revoir les apports recommandés pour cette catégorie d'animaux. Comme l'ingestion et la croissance évoluent de façon semblable, s'agissant de la comparaison entre les deux variantes, l'indice de consommation ($IC_{MS} = \text{kg MSI/kg GMQ}$ ou $IC_{NEV} = \text{MJ NEV/kg GMQ}$) ne diffère que très peu, comme on peut le voir à la figure 4 à l'exemple de l' IC_{MS} . À aucun moment à partir de 200 kg PV, les écarts ne s'approchent du niveau de signification ($P > 0,20$). Les différences tendancielle de croissance semblent donc davantage dépendre du niveau d'ingestion que de la valorisation du fourrage. Comme c'est avant tout en début (et en toute fin également) d'engraissement que l'ingestion et la croissance ont été pénalisées avec la ration SHR, on peut émettre l'hypothèse que l'ingestibilité de ce fourrage est moins bonne chez les jeunes animaux ou qu'ils nécessitent d'y être adaptés plus longtemps, voire durant la période d'élevage déjà. Chez les taurillons de 450–500 kg, la limite physique d'ingestion est peut-être atteinte en raison d'une plus forte valeur d'encombrement. Dans la variante MST, près de 50 % des animaux ont une MSI proche ou supérieure à 9 kg par jour à 450 kg PV contre 21 % seulement dans le groupe SHR.

Comportement d'ingestion et activités

Les données individuelles de comportement alimentaire et d'activité générale ont été enregistrées à l'aide de

licols et de pedomètres RumiWatch (Itin+Hoch, Liestal, Suisse) puis traitées avec le *converter* version 0.7.4.5 de la même entreprise. Les mesures ont été effectuées durant trois périodes de chacune six jours consécutifs sur trois animaux de chaque variante aux poids vifs moyens respectifs de 400, 450 et 530 kg. L'analyse du comportement alimentaire a mis en évidence une durée d'ingestion proportionnellement inférieure (–6,1 points-%) pour SHR ($P < 0,05$) par rapport à MST, ce qui est en accord avec les résultats d'ingestion. En revanche, cette diminution n'a été que partiellement compensée par une durée de rumination numériquement plus longue (+2,1 points-%; $P > 0,05$). Les deux groupes ne se sont pas distingués au niveau des activités, mesurées parallèlement au comportement avec les pedomètres. Le temps consacré à la marche, aux positions couchées ou debout ainsi que le nombre de pas et de changements d'activité étaient semblables ($P > 0,05$).

Qualité de carcasse et qualité de viande

Le poids vif final d'abattage a été fixé à environ 525–530 kg dans le but d'obtenir des poids de carcasse de 290 à 300 kg en se basant sur un rendement à l'abattage de 56 %. Les résultats des animaux de la variante MST correspondent à ces objectifs alors pour la variante SHR, le rendement à l'abattage a été de 1,5 points-% supérieur à celui des MST, entraînant un poids de carcasse de près de 7 kg supérieur (tabl. 2). Cette différence de rendement est inattendue et difficilement explicable.

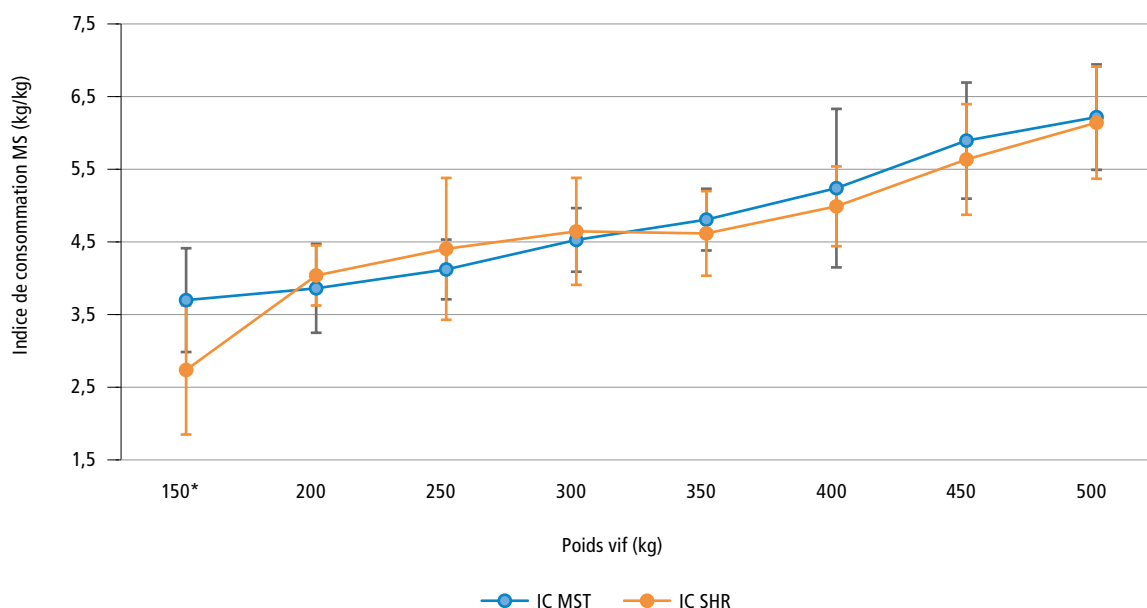


Figure 4 | Indice de consommation matière sèche en fonction du poids vif.

*Les données ne concernent que les animaux dont le poids était inférieur ou égal à 150 kg au début de la période de mesure de l'ingestion (poids moyen de tous les animaux 188 kg).

Hypothétiquement, elle pourrait être en rapport avec le niveau d'ingestion nettement plus bas des animaux du groupe SHR en fin d'engraissement entraînant un poids résiduel des contenus digestifs voire même des organes digestifs plus faible lors du pesage final. Dans ce cas, le poids vif final (poids vif vide) des animaux de la variante SHR aurait été sous-estimé par rapport à celui des animaux témoins. Pour éviter l'influence du contenu digestif sur les résultats de croissance, certains auteurs calculent un gain de poids quotidien net à partir du poids de carcasse sur la base d'un même rendement à l'abattage, ce qui est possible lorsqu'il n'y a pas de différence de type génétique. On obtient ainsi un poids vif estimé à partir duquel on calcule le GMQ. En effectuant un tel calcul à partir des données des deux variantes avec un rendement fixe de 56 %, la différence de GMQ entre les variantes MST et SHR n'est plus que d'environ 10 g en faveur de MST.

Une estimation de la qualité de carcasse (CH-TAX) a été effectuée toutes les quatre semaines par des experts de Proviande durant la deuxième moitié de l'engraissement (à partir de 300 kg PV). Le résultat de la dernière taxation avant l'abattage figurant au tableau 2 révèle une charnure comparable entre les deux variantes, un résultat qui est confirmé par la taxation à l'abattoir. Un rendement supérieur est généralement lié à une meilleure conformation, ce qui ne s'est pas vérifié ici. Concernant la couverture, tous les animaux de la variante MST ont été attribués à la classe 3 (optimum) à l'abattoir alors

qu'à la taxation sur pied par les experts Proviande, un animal a été jugé trop gras (note 4) et un pas assez couvert (note 2). Dans la variante SHR en revanche, deux animaux ont obtenu une couverture insuffisante, aussi bien lors de la taxation sur pied qu'à l'abattoir. Cette différence entre les deux variantes n'est pas significative statistiquement.

La dissection d'une côte en muscle, tissu adipeux et os permet d'estimer la composition corporelle des bovins en croissance (Robelin et Geay 1976). Avec resp. $67,8 \pm 3,0\%$, $15,3 \pm 2,4\%$ et $16,9 \pm 1,7\%$ de muscle, tissu gras et os pour MST et $68,3 \pm 2,5\%$, $14,6 \pm 3,2\%$ et $17,0 \pm 1,6\%$ pour SHR, les deux variantes ne se distinguent pas du point de vue de leur composition corporelle ($P > 0,05$).

Quelques paramètres de qualité de viande ont également été déterminés comme le pH à 24 h, la tendreté mesurée instrumentalement (force de cisaillement selon Warner-Bratzler), la résistance à l'oxydation appréciée à partir de l'indice TBARS ou encore les pertes de congélation et de cuisson. Aucune différence significative n'est apparue pour la qualité de la viande entre les deux variantes MST et SHR.

Un mode de récolte plus coûteux?

La méthode de récolte Shredlage n'est apparue en Suisse que récemment. De nombreuses entreprises ont investi dans cette nouvelle technologie et reportent ces coûts sur le prix de leurs services. Selon les informations de la pratique (Strickhof 2016; Oerli 2016), le coût supplémen-

Tableau 2 | Résultats d'abattage.

		MST	SHR	Valeur P
n		15	14	
PV abattage	kg	528,3	527,5	0,216
	S \bar{x}	5,1	7,4	
Poids carcasse	kg	295,5	302,1	0,129
	S \bar{x}	6,8	9,1	
Rendement	%	55,9	57,4	0,035
	S \bar{x}	1,1	1,6	
Charnure vif ^{1,2}		4,53	4,43	0,730
	S \bar{x}	0,52	0,51	
Tissus gras vif ¹		3,00	2,86	0,367
	S \bar{x}	0,38	0,36	
Charnure abattoir ^{3,2}		4,38	4,39	0,835
	S \bar{x}	0,52	0,6	
Tissus gras abattoir ³		3,00	2,78	0,356
	S \bar{x}	0	0,44	

¹Dernière taxation vif proche de 530 kg

²Moyenne CH-TAX avec C=5; H=4; + T=3,5; T=3

³Animaux effectivement abattus à 530 kg PV: MST n=8; SHR n=9
(voir note bas de page, chap. «Essai d'engraissement à Posieux»).

S \bar{x} : écart-type

taire pour la récolte de maïs selon la méthode Shredlage par rapport à l'ensilage de maïs plante entière récolté de façon conventionnelle serait de 50 à 100 CHF par ha. Avec un rendement de 18 t MS/ha, le supplément est de 28 à 56 centimes par 100 kg MS. En prenant la valeur intermédiaire (42 centimes), le calcul du coût de la ra-

tion exprimé de façon absolue, par kg MS ou par kg de croît, est semblable. Seul le coût exprimé par jour d'engraissement est un peu inférieur avec la ration SHR en raison de la durée d'engraissement prolongée de neuf jours pour cette variante. Le poids de carcasse plus élevé réalisé avec cette même variante permet d'obtenir un meilleur prix par animal. Même en tenant compte d'une déduction pour la différence de classe de tissus gras à l'abattoir, mais exprimé par place d'engraissement, le résultat s'équilibre à nouveau.

Conclusions

Avec le système de récolte Shredlage (SHR), la structure différente du fourrage liée à la longueur de coupe supérieure et au système de hachage particulier ainsi que l'éclatement complet des grains sont probablement à l'origine de la réduction du temps consacré par les taurillons à l'ingestion et du niveau de consommation plus faible par rapport à la méthode conventionnelle. Le gain moyen quotidien a également été tendanciellement influencé de façon négative dans la variante SHR.

En revanche, un meilleur rendement à l'abattage entraînant un poids de carcasse plus élevé a été observé. Ce résultat peut dépendre du niveau d'ingestion plus bas, mais il mérite d'être confirmé.

Dans cet essai d'engraissement, les avantages potentiels liés à la méthode de récolte Shredlage n'ont pas engendré d'effet positif significatif sur les principaux paramètres impactant le résultat économique en comparaison avec la méthode conventionnelle. ■

Riassunto**Maïs Shredlage o mais a pianta intera standard nelle razioni per i torelli da ingrasso?**

Al fine di studiare l'influenza del metodo di raccolta Shredlage (mais tritato) rispetto al metodo convenzionale per l'insilato di mais intero, Agroscope ha eseguito test di ingrasso con due gruppi di 15 torelli ciascuno presso la sede di Posieux. Gli animali erano il risultato dell'incrocio tra madri di una razza da latte e padri di una razza da carne. I torelli sono stati tenuti in stabulazione libera durante il periodo sperimentale. Il loro peso vivo medio era di 170 kg all'inizio ed è arrivato fino a 530 kg alla fine della fase sperimentale. Ad eccezione del tipo di mais, standard (MST) tritato a 10 mm o Shredlage (SHR) tritato a 30 mm, le due razioni sono state formulate allo stesso modo con il 72 % di insilati di mais (a base di materia secca) e gli stessi integratori proteici ed energetici. Il mais SHR ha ridotto i tempi di ingestione, con conseguente diminuzione del consumo all'inizio e alla fine dell'ingrasso nonché una crescita tendenzialmente inferiore. Con il mais del tipo SHR, sono stati osservati importanti effetti positivi sulla resa alla macellazione e quindi sul peso della carcassa. Tuttavia, questi risultati devono ancora essere confermati. In conclusione, nessuna delle due varianti si distingue per quanto concerne la valutazione economica.

Summary**Shredlage maize or standard whole-plant maize in the fattening-bulls ration?**

A fattening trial combining two groups of 15 bulls each was carried out at the Agroscope Posieux site in order to study the influence of the shredlage harvest method compared to the conventional method for ensiling whole-plant maize. The animals were crossbreds between a dam from a dairy breed and a sire from a beef breed. They were kept in freestall housing during the experimental period, which began at an average live weight (LW) of 170 kg and lasted until a final LW of 530 kg. Except for the type of maize – 10 mm chopped standard (MST) or 30 mm chopped shredlage (SHR) – both rations had the same composition with 72 % maize silage (based on dry matter), as well as the same protein and energy supplements. The SHR maize had the effect of reducing the time spent on ingestion, resulting in a lower level of consumption at the beginning and the end of the fattening period. In addition, growth rate tended to be lower. Significantly positive effects were observed with SHR-type maize in terms of yield at slaughter, and hence carcass weight. These results require confirmation, however. In the final analysis, neither of the two variants stands out in the economic evaluation.

Key words: bulls, fattening, maize silage, shredlage.

Bibliographie

- Agroscope, 2015. Apports alimentaires recommandés pour les ruminants (Livre vert). Accès: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/fr/home/services/soutien/aliments-pour-animaux/apports-alimentaires-recommandes-pour-les-ruminants.html> [janvier 2017].
- Beauchemin K. A. & Yang W. Z., 2005. Effects of Physically Effective Fiber on Intake, Chewing Activity, and Ruminal Acidosis for Dairy Cows Fed Diets Based on Corn Silage. *Journal of Dairy Science* **88**, 2117–2129.
- Claas, 2017. Accès: <https://www.claas.fr/fascination-claas/themes-speciaux/shredlage/corncracker-konzept> [janvier 2017].
- Ettle T., 2016. Shredlage – Hype oder Fortschritt. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
- Morel I., 2016. Powermaïs dans les rations d'engraissement de taurillons. Accès : <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/fr/home/actualite-manifestations/journee-de-la-production-animale.html> [janvier 2017].
- Oerli B., 2016. Milch und Fleisch aus grober Maissilage? *Landfreund* **09**, 38–41.
- Pries M. & Bothe B., 2016. Silier- und Fütterungsversuch mit Shredlage-Silage im Vergleich zur Maissilage mit herkömmlicher Häcksellänge. Riswicker Ergebnisse 2/2016. Landwirtschaftskammer Nordrhein Westfalen. Fachbereich 71 – Tierproduktion, Bad Sassendorf, 57 p.
- Robelin J. & Geay Y., 1976. Estimation de la composition des carcasses de jeunes bovins à partir de la composition d'un morceau monocostal prélevé au niveau de la 11e côte. II. Composition chimique de la carcasse. *Ann. Zootech.* **25** (2), 259–272.
- Rothacher M., Wyss U. & Arrigo Y., 2019. Digestibilité in vivo d'ensilages de maïs récoltés par différentes techniques. *Recherche Agronomique Suisse* **10** (2), 54–59.
- Strickhof Dienstleistungen für Milchproduktion und Rindviehhaltung 9/2016. Accès: <http://www.strickhof.ch/medium.php?id=336233&path=userfiles/CMS/336233-09-16-maisernte.pdf> [août 2018].