

Influence de la technique d'épandage du lisier sur la qualité des ensilages

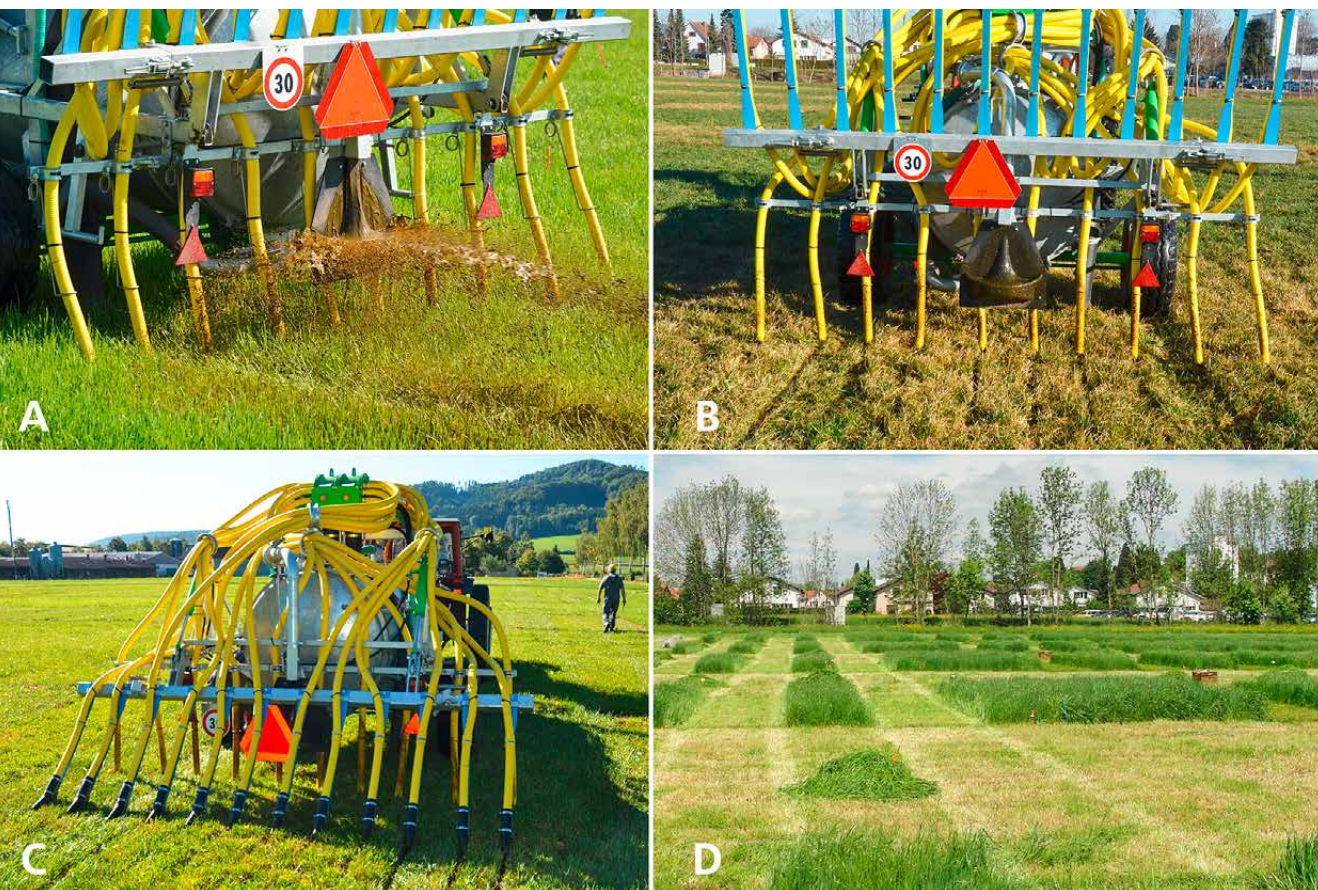
Ueli Wyss¹, Annett Latsch² et Daniel Nyfeler³

¹Agroscope, 1725 Posieux, Suisse

²Agroscope, 8356 Ettenhausen, Suisse

³Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg, 8268 Salenstein, Suisse

Renseignements: Ueli Wyss, e-mail: ueli.wyss@agroscope.admin.ch



L'influence de trois technique d'épandage du lisier (A: épandeur avec déflecteur, B: épandeur à tuyaux souples; C: distributeur à tuyaux équipés de socs) a été testée sur la qualité des ensilages sur des parcelles à Tänikon (D).

Introduction

Lors de l'épandage du lisier, de nombreuses bactéries (par exemple des clostridies) parviennent sur le sol et les plantes. Plus le lisier est épandu tardivement après la coupe, plus le risque est élevé que des résidus de lisier finissent dans l'ensilage. Avec l'épandage du lisier en lignes, les matières solides contenues dans le lisier restent

sur l'herbe sous une forme concentrée et se transforment en croûtes. D'aucuns craignent que l'herbe en croissance soulève ces croûtes, qui peuvent ensuite souiller le fourrage. L'augmentation de la charge en clostridies qui en résulte accroît le risque de fermentations indésirables et entraîne donc une mauvaise qualité de l'ensilage.

Selon Müller (1993), les ensilages de fourrage fertilisé par un épandage de lisier au moyen d'un épandeur avec déflecteur ont enregistré les plus fortes teneurs en acide butyrique; ils sont suivis des ensilages de fourrage fertilisé au moyen de procédés avec épandeur à tuyaux souples et distributeur à tuyaux équipés de socs. Beck (2011) n'a constaté aucune différence probante au niveau de la charge en clostridies dans le fourrage entre les deux procédés d'épandage du lisier (épandeur avec déflecteur et épandeur à tuyaux souples). En revanche, il a observé que la hauteur de coupe du fourrage influence de manière non négligeable la charge en clostridies. Une étude de Laws *et al.* (2002) montre que les nouvelles méthodes d'épandage (distributeur à tuyaux équipés de socs ou injecteur de lisier) souillent moins l'herbe que l'épandeur avec déflecteur et que les ensilages présentent donc une meilleure qualité. En outre, cette même étude montre que des intervalles courts entre l'épandage du lisier et la coupe suivante peuvent avoir un impact négatif sur la qualité d'ensilage.

Un essai en champ a été réalisé sur les sites de Tännikon et d'Arenenberg (TG) de 2012 à 2014. Cet essai a étudié l'influence de diverses méthodes d'épandage du lisier (épandeur avec déflecteur, épandeur à tuyaux souples et distributeur à tuyaux équipés de socs) sur le rendement et l'efficacité fertilisante de l'azote (N) de même que sur la composition botanique (Latsch *et al.* 2014). Lors de l'essai réalisé de 2013 à 2014 sur le site Agroscope de Tännikon, une étude sur la qualité du fourrage, en particulier l'influence des différentes méthodes d'épandage du lisier sur la charge en clostridies dans le fourrage et sur la qualité des ensilages, a été réalisée.

Matériel et méthodes

Procédés d'épandage du lisier

Sur le site Agroscope de Tännikon, une culture composée d'un mélange de graminées et de trèfles ainsi qu'une culture de graminées pures ont été semées sur des pe-

Résumé Lors de l'épandage du lisier, un grand nombre de bactéries (clostridies) contaminent le sol et les plantes. Au cours des années 2013 et 2014, un essai en champ a été réalisé à Tännikon (Agroscope) pour étudier l'influence de différents procédés d'épandage (épandeur avec déflecteur, épandeur à tuyaux souples et distributeur à tuyaux équipés de socs) sur la qualité des ensilages. Des échantillons ont été prélevés lors de trois cycles (2013: culture de graminées pures; 2014: mélanges de graminées et de trèfles). Le fourrage a été préfané et ensilé dans des silos de laboratoire. Les composants et la charge en clostridies dans le matériel initial ont été déterminés. Dans les ensilages, en plus des principaux paramètres relatifs à la valeur nutritive, l'accent a été mis sur la teneur en acide butyrique afin d'évaluer l'influence des divers procédés d'épandage.

Les échantillons de fourrage analysés en 2013 présentaient une faible charge en clostridies. En 2014, ces valeurs étaient un peu plus élevées. Malgré une charge en clostridies basse, des différences entre les procédés d'épandage ont été observées. Dans le cas des épandeurs avec déflecteur et à tuyaux souples, les valeurs étaient légèrement plus élevées lors de l'épandage tardif que lors de l'épandage précoce. La corrélation entre la charge en clostridies dans le fourrage destiné à l'ensilage et la teneur en acide butyrique dans les ensilages était toutefois très faible. Les facteurs déterminants pour la qualité de l'ensilage étaient avant tout le degré de préfanage du fourrage, son âge et la teneur en cellulose brute lors de la mise en silo.

Tableau 1 | Traitements pour les essais d'ensilage en 2013

Traitements	N minéral		Déflecteur		Tuyaux souples		Tuyaux équipés de socs	
	précoce	tardive	précoce	tardive	précoce	tardive	précoce	tardive
Date d'application du lisier								

Tableau 2 | Traitements pour les essais d'ensilage en 2014

Traitements	Déflecteur				Tuyaux souples				Tuyaux équipés de socs	
	précoce		tardive		précoce		tardive		précoce	tardive
Date d'application du lisier										
Consistance du lisier	épaisse	diluée	épaisse	diluée	épaisse	diluée	épaisse	diluée	épaisse	épaisse

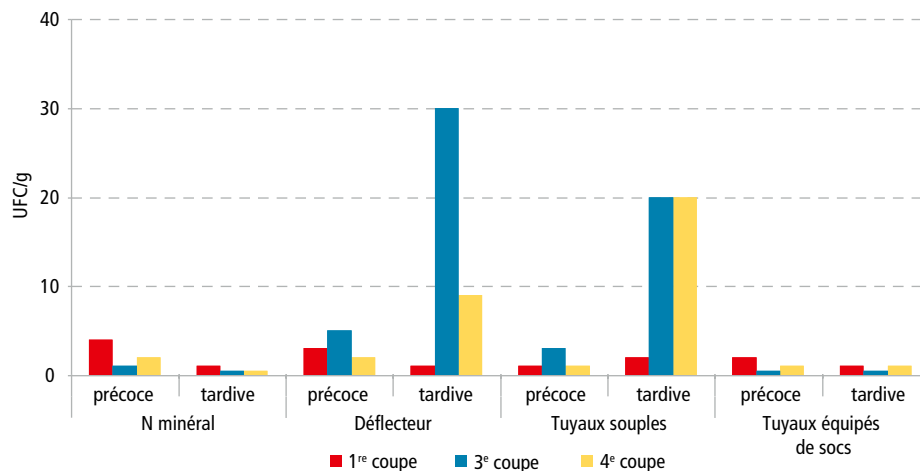


Figure 1 | Charge en spores butyriques sur l'herbe selon différents procédés d'épandage et périodes d'épandage – résultats 2013 (UFC: unité formant colonie).

tites parcelles (3×6 m) au printemps 2012 (Latsch *et al.* 2014). Sur ces parcelles, toutes les combinaisons possibles entre méthodes d'épandage (épandeur avec déflecteur, épandeur à tuyaux souples et distributeur à tuyaux équipés de socs), périodes d'épandage (précoce, tardive) et consistance du lisier (épaisse, diluée) ont été testées. En outre, une culture de graminées pures, fertilisée uniquement avec des engrais minéraux azotés, a servi de contrôle pour évaluer l'efficacité fertilisante de l'azote du lisier épandu. Les détails des traitements figurent dans les tableaux 1 et 2. L'ensemble des combinaisons de facteurs a été reproduit trois fois. Au printemps 2013 et 2014, le lisier a été épandu au début de la période de végétation (précoce: au tout début de la végétation; tardif: hauteur de l'herbe d'environ 10 cm); plus tard dans l'année, une fertilisation précoce a été effectuée, soit un à deux jours après la récolte du fourrage. L'épandage tar-

dif du lisier a été retardé de 7 à 10 jours pour être appliqué sur de l'herbe qui avait déjà repoussé quelque peu.

Quantité et consistance du lisier

La valeur cible pour la quantité d'azote à appliquer s'élevait de façon constante à 30 kg d'azote d'ammonium ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) par ha. C'est pourquoi, immédiatement avant chaque épandage, la teneur en $\text{NH}_4^+\text{-N}$ du lisier a été mesurée au moyen du Quantofix et la quantité de lisier à appliquer a été adaptée par des ajustements sur le tracteur (vitesse du tracteur). Pour la variante à base de lisier dilué artificiellement, la moitié du volume de lisier «non dilué» a encore été ajoutée sous la forme d'eau. La dilution approximative correspondait ainsi à un rapport de 1:2 (lisier dilué) au lieu de 1:1 (lisier épais). Avant l'épandage du lisier, un échantillon a été prélevé pour l'analyse des composants, puis congelé et analysé ultérieurement (tabl. 3). A noter que, lors du quatrième épandage de lisier de 2014 sur le site de Tännikon (variante précoce et tardive), le lisier épandu a été mélangé à de l'eau de nettoyage. Les teneurs en éléments nutritifs ont donc été sensiblement réduites, ce qui pourrait influencer, lors de l'évaluation, les effets de la période d'épandage et de la consistance du lisier.

Conditions météorologiques

Au printemps 2013, le temps a été froid et humide jusqu'en mai et même en juin, les nombreuses précipitations ont retardé le développement de la végétation. L'été qui a suivi a été l'un des plus chauds et des plus ensoleillés – depuis le début des relevés météorologiques en Suisse – avec en conséquence très peu de précipitations. A l'automne 2013, il a fait à nouveau frais et humide. En raison des mauvaises conditions météorologiques, le

Tableau 3 | Composition du lisier

Année	Coupe	Consistance du lisier	MS	N_{tot}	$\text{NH}_4^+\text{-N}$
			%	kg/m ³	kg/m ³
2013	1	épaisse	6,4	2,8	1,4
	3	épaisse	4,8	2,2	1,3
	4	épaisse	3,8	2,1	1,1
2014	1	épaisse	5,7	2,5	1,3
		diluée	3,2	1,5	0,8
	2	épaisse	5,3	2,3	1,2
		diluée	3,0	1,2	0,7
	4	épaisse*	2,1	1,4	0,8
		diluée*	1,2	0,8	0,5

MS: matière sèche; N_{tot} : azote total; $\text{NH}_4^+\text{-N}$: azote d'ammonium.

*Lisier contenant des eaux de lavage, d'où MS et teneurs en éléments nettement plus faibles.

Tableau 4 | Précipitations entre l'application du lisier et la coupe suivante

Année	Coupe	Application précoce précipitations (mm)	Application tardive précipitations (mm)
2013	1	200	161
	3	74	47
	4	116	63
2014	1	68	68
	2	161	93
	4	192	152

rendement annuel en fourrages a été beaucoup moins important qu'en 2014, année au cours de laquelle, après un printemps doux et sec, il y a eu suffisamment de précipitations pour permettre un bon rendement. Les quantités de précipitations entre l'épandage du lisier et la coupe qui a suivi figurent dans le tableau 4. Lors de tous les cycles analysés, il a plu entre l'épandage du lisier et la coupe qui a suivi.

Essais d'ensilage

Au cours de l'année 2013, le fourrage des cycles 1, 3 et 4 de la culture de graminées pures a été analysé. Seuls les procédés d'épandage ont été utilisés dans lesquels du lisier épais a été appliqué. Par ailleurs, une technique de fertilisation à base d'engrais minéraux azotés a aussi été prise en considération. Au cours de la récolte de fourrage, des échantillons ont été prélevés dans les procédés sélectionnés des trois répétitions. Le fourrage a ensuite été mélangé et transporté à Posieux où il a été préfané, haché et ensilé dans des silos de laboratoire d'une capacité de 1,5l (trois silos par procédé). Lors de la mise en

silos, des échantillons ont été prélevés afin d'en déterminer les composants, la capacité tampon, la teneur en nitrate et la charge en clostridies. Cette dernière a été déterminée par un laboratoire externe (Bamos, Bazenheid). Le coefficient de fermentation, calculé au moyen de la teneur en matière sèche (MS), de la capacité tampon et de la teneur en sucres, a été déterminé dans le fourrage destiné à être ensilé (Weissbach et Honig 1996). Après une durée d'entreposage de 90 jours, les silos ont été ouverts et des échantillons prélevés afin d'en déterminer la qualité fermentaire (par silo) et les composants (échantillon mixte des trois silos). Pour l'évaluation de la qualité, l'échelle de points DLG a été utilisée selon les indications de la DLG (2006).

Au cours de l'année 2014, le fourrage des cycles 1, 2 et 4 du mélange de graminées et de trèfles a été analysé. Pour les deux procédés d'épandage «épandeur avec déflecteur» et «épandeur à tuyaux souples», les variantes avec le lisier épais et le lisier dilué ont été appliquées. Pour le procédé «épandeur à tuyaux équipés de socs», seule la variante du lisier épais a été prise en compte. Contrairement à 2013, le fourrage a été ensilé et analysé séparément pour chaque répétition. La capacité tampon a été analysée dans un échantillon mixte des trois répétitions.

Résultats et discussion

Fourrage destiné à l'ensilage

La teneur en MS du fourrage du premier cycle de 2013 ne s'élevait en moyenne qu'à 22% et se situait donc nettement en dessous de la valeur optimale de 35 à 45% pour l'ensilage (tabl. 5). Le fourrage du troisième et du

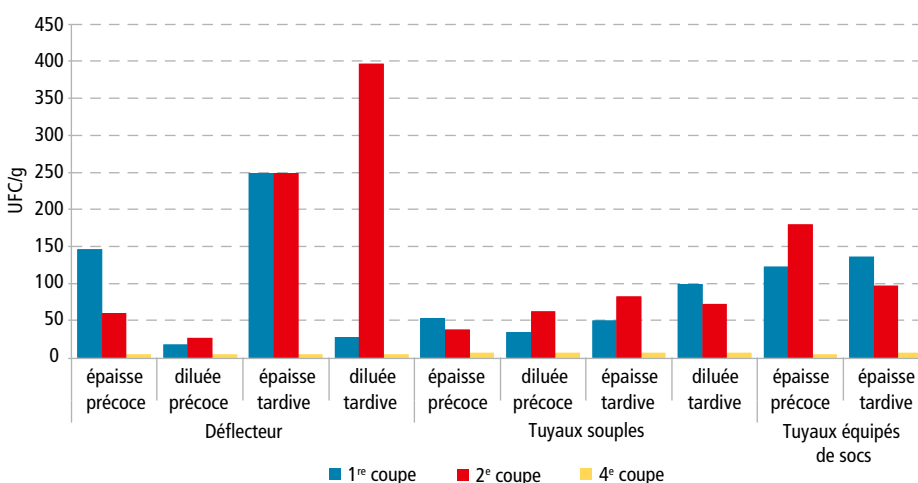


Figure 2 | Charge en spores butyriques sur l'herbe selon différents procédés d'épandage, périodes d'épandage et consistance du lisier – résultats 2014 (UFC: unité formant colonie).

Tableau 5 | Teneur en matière sèche et nutriments des fourrages

Année	Coupe	MS	Cendres	Matière azotée	Cellulose brute	ADF	NDF	Sucres	CF
		%	g/kg MS	g/kg MS	g/kg MS	g/kg MS	g/kg MS	g/kg MS	g/kg MS
2013	1	22,2	72	120	254	272	498	146	42
	3	30,1	81	117	225	263	469	122	45
	4	33,1	78	143	207	238	451	124	49
2014	1	42,0	85	143	161	182	374	180	70
	2	35,2	73	73	334	368	616	105	55
	4	27,6	96	131	236	266	483	120	42

MS: matière sèche; ADF: lignocellulose; NDF: parois; CF: coefficient de fermentation.

quatrième cycle ayant été préfané un peu plus fortement, les teneurs en MS s'élevaient en moyenne à respectivement 30 et 33%. Quant au fourrage du premier cycle de 2014, il a été préfané beaucoup plus fortement et présentait une teneur en MS de 42%. Les teneurs en MS du deuxième et du quatrième cycle s'élevaient à respectivement 35 et 28%.

Les teneurs en cendres brutes pour les deux années et pour tous les cycles se situaient en dessous de la valeur seuil maximale tolérée de 100 g/kg MS. Sur la base de l'indicateur cendres brutes, aucun signe de souillure du fourrage n'a été observé.

Les teneurs en matière azotée (MA) et en fibres (cellulose brute, lignocellulose ADF et parois NDF) variaient fortement entre les deux années et les cycles. En 2014 en particulier, le fourrage du deuxième cycle affichait des teneurs en MA basses et des teneurs en fibres élevées, qui sont à mettre sur le compte de la date de fauche tardive.

Les coefficients de fermentation présentaient des valeurs situées entre 42 et 70. Le fourrage avec une valeur supérieure à 45 est réputé facile à ensiler.

L'analyse des échantillons de fourrage de l'année 2013 a révélé une charge en clostridies basse de 30 unités formant colonies par g au maximum (fig. 1). Selon Zangerl (1989), l'herbe fraîche contient habituellement entre 10 et 1000 clostridies par gramme. Il faut tenir compte à ce propos qu'il a plu à plusieurs reprises entre l'épandage du lisier et le prélèvement des échantillons et qu'une partie des spores a donc été rincée.

Malgré un nombre bas de clostridies, des différences entre les procédés d'épandage ont été observées: dans le cas des deux procédés «épandeur avec déflecteur» et «épandeur à tuyaux souples», les valeurs étaient légèrement plus élevées dans la variante de l'épandage tardif, comparé à l'épandage précoce, même si ces valeurs n'ont pas pu être confirmées statistiquement en raison du manque de répétitions. La variante avec la fumure minérale azotée – caractérisée par une faible charge en clostridies – a servi de référence en 2013.

La charge en clostridies était plus élevée en 2014 qu'en 2013, bien que, dans ce cas aussi, il ait plu entre l'épandage du lisier et le prélèvement des échantillons (fig. 2).

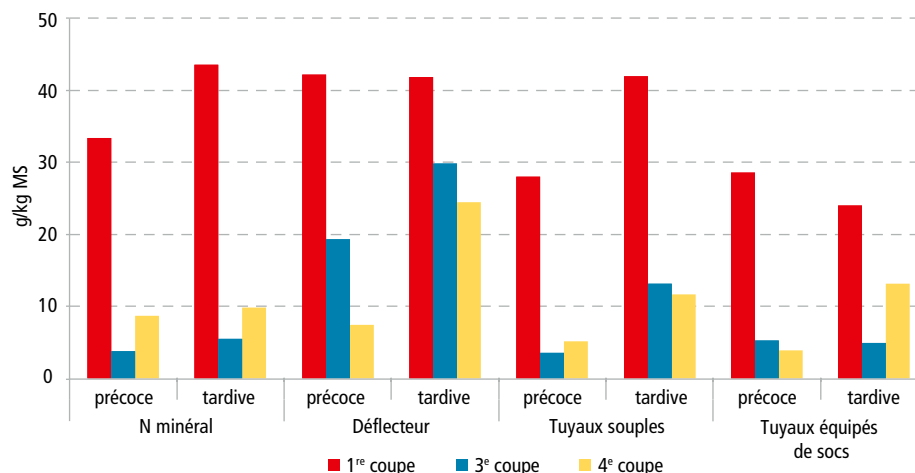


Figure 3 | Teneur en acide butyrique dans les ensilages selon différents procédés d'épandage et périodes d'épandage – résultats 2013.

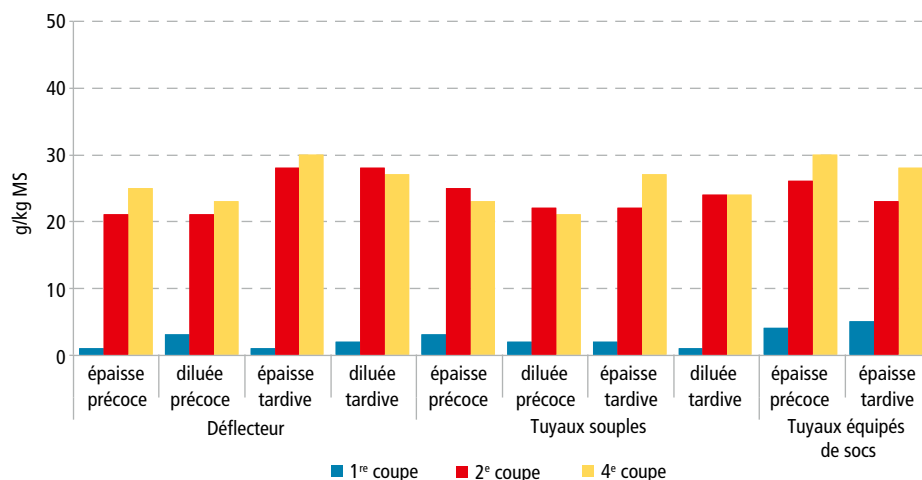


Figure 4 | Teneur en acide butyrique dans les ensilages selon différents procédés d'épandage, périodes d'épandage et consistance du lisier – résultats 2014.

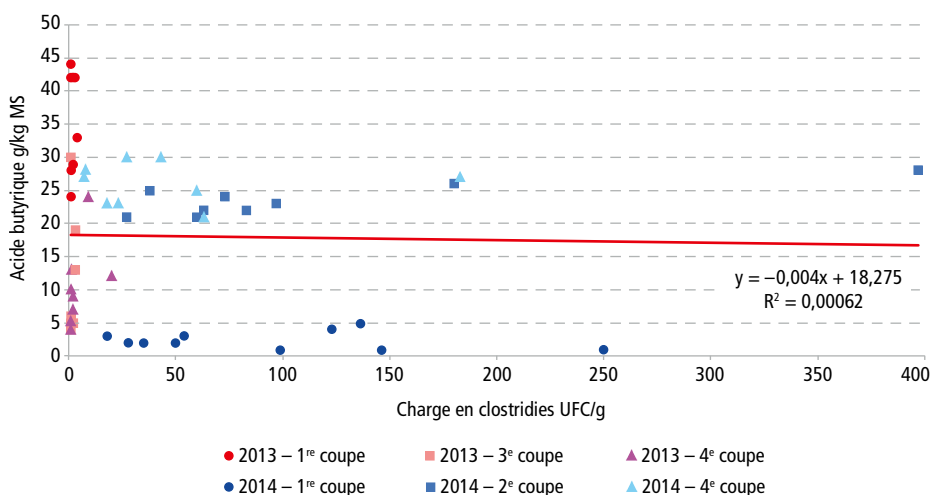


Figure 5 | Relation entre la charge en clostridies dans le fourrage destiné à l'ensilage et la teneur en acide butyrique dans les ensilages (UFC:unité formant colonie).

Lors de la première coupe de 2014, le lisier dilué a présenté une réduction des spores significative par rapport au lisier épais. Dans le cas du lisier épais, le procédé «épandeur avec déflecteur» a enregistré les valeurs les plus élevées, suivi par les procédés «distributeur à tuyaux équipés de socs» et «épandeur à tuyaux souples». Pour ce qui est de la deuxième coupe, on a constaté une augmentation significative du nombre des clostridies dans la variante de l'épandage tardif, mais aucune différence significative au niveau de la consistance du lisier. Lors de l'épandage tardif combiné à l'épandeur avec déflecteur, des valeurs particulièrement élevées ont été relevées. Dans la quatrième coupe, les valeurs étaient à nouveau très basses et aucune différence statistiquement significative n'a été relevée entre les procédés.

Qualité des ensilages

Quel que soit le procédé, les ensilages du premier cycle 2013 présentaient des teneurs en acide butyrique nettement supérieures à 20 g/kg MS (fig. 3). En conséquence, leur qualité a été en général qualifiée de mauvaise, ce qui est à mettre sur le compte de la teneur en MS basse lors de la mise en silo.

Lors du troisième et du quatrième cycle, les ensilages présentaient des teneurs en acide butyrique plus basses. Il semble que l'épandage au moyen du procédé «épandeur avec déflecteur» entraîne en général, au niveau de la teneur en acide butyrique, la qualité d'ensilage la plus mauvaise, ce qui confirme les résultats de l'étude de Müller (1993). La combinaison «épandeur avec déflecteur» et «application tardive» a été particulièrement désavantageuse. En général, l'épandage

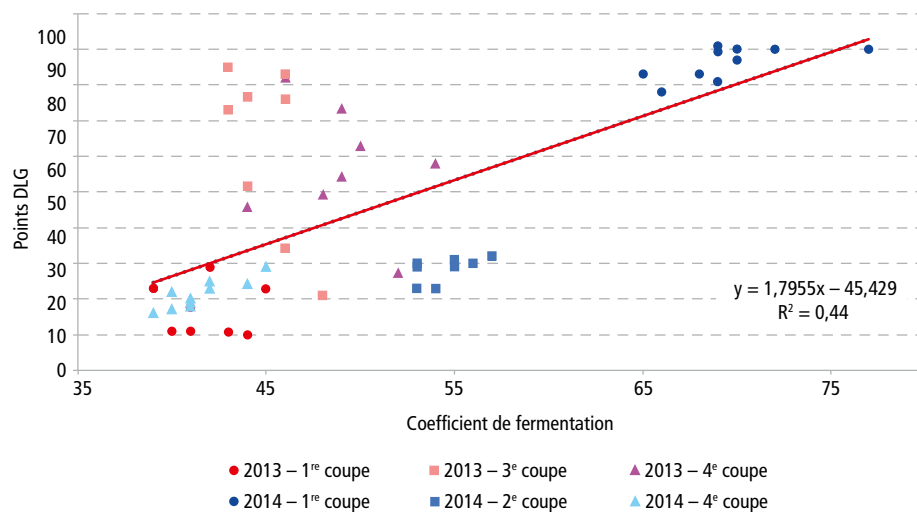


Figure 6 | Relation entre les coefficients de fermentation dans le fourrage destiné à l'ensilage et la qualité d'ensilage.

tardif entraînait des valeurs plus élevées comparé à l'épandage précoce. Dans sept des huit comparaisons effectuées pour la période d'épandage, les ensilages de la variante «application tardive» présentaient des teneurs en acide butyrique plus élevées, en comparaison de la variante «application précoce».

Dans le cas des ensilages de 2014, les teneurs en acide butyrique lors du premier cycle étaient inférieures à 5 g/kg MS pour tous les procédés d'épandage, ce qui indique une bonne qualité d'ensilage (fig. 4). En revanche, lors du deuxième et du quatrième cycle, les teneurs en acide butyrique étaient supérieures à 20g/kg MS pour pratiquement tous les procédés, raison pour laquelle les ensilages correspondants ont été en général qualifiés de mauvais. Cette mauvaise qualité d'ensilage est probablement due à l'âge du fourrage, voire à la teneur élevée en cellulose brute. En ce qui concerne la teneur en acide butyrique, aucune différence significative n'a été constatée entre les procédés dans les trois coupes.

Il semble qu'il n'y ait aucun lien entre la charge en clostridies dans le fourrage destiné à l'ensilage et la teneur en acide butyrique dans les ensilages (fig. 5). Par contre, il existe un lien entre les coefficients de fermentation dans le fourrage destiné à l'ensilage et la qualité d'ensilage, représentée ici par des points DLG (fig. 6).

Conclusions

- Les essais réalisés montrent que les procédés d'épandage du lisier réduisant les émissions n'entraînent pas de préjudice supplémentaire affectant la qualité du fourrage, comparé à l'épandeur avec déflecteur utilisé habituellement.
- En revanche, l'épandage de lisier dans une herbe ayant déjà repoussé un peu augmente la probabilité d'avoir une charge en clostridies plus élevée dans le fourrage destiné à l'ensilage. Ce risque semble plus élevé dans le cas d'un épandage au moyen d'un épandeur avec déflecteur et – dans une plus faible mesure – d'un épandeur à tuyaux souples que dans le cas d'un distributeur à tuyaux équipés de socs.
- De même, l'utilisation de lisier épais a augmenté la probabilité d'une charge plus importante en clostridies, comparé à l'épandage de lisier dilué.
- Dans les ensilages de la variante «épandeur avec déflecteur», les teneurs en acide butyrique avaient tendance à être plus élevées.
- Une teneur élevée en acide butyrique et donc une mauvaise qualité d'ensilage ne corrélient pas forcément avec une charge en clostridies élevée, par contre plus fortement avec la teneur en MS et les composants du fourrage à ensiler.
- Une date de fauche appropriée et un degré optimal de préfanage sont plus importants que le procédé d'épandage du lisier pour garantir une bonne qualité d'ensilage. ■

Riassunto ■ Influsso della tecnica di spandimento dei liquami sulla qualità degli insilati

Nello spandimento di liquami, molti batteri (p. es. *Clostridium*) finiscono sia sul terreno che sulle piante stesse. In uno studio sul terreno presso la sede di Agroscope di Tänikon, negli anni 2013 e 2014, è stato analizzato l'influsso di diverse tecniche di spandimento dei liquami (spandimento con deflettore, spandimento con tubi flessibili e spandimento con tubi semi rigidi e vomeri) sulla qualità degli insilati. Sono stati prelevati campioni sempre in tre diverse colture (2013: graminacee pure; 2014: graminacee e trifoglio). Il foraggio è stato raccolto e insilato in silo da laboratorio. Oltre alle sostanze contenute, è stato determinato anche il grado di clostridium nel materiale di partenza. Negli insilati, oltre ai più importanti parametri nutritivi, è stato posto l'accento sul tenore di acido butirrico per analizzare l'influsso delle singole tipologie di spandimento dei liquami.

Nel 2013, i campioni di foraggio analizzati attestano solo un livello basso di clostridium. Nel 2014 i livelli erano un po' più alti. Nonostante il livello basso di clostridium, vi erano differenze tra i metodi. Per i due metodi spandimento con deflettore e spandimento con tubi semi rigidi e vomeri, i valori nello spandimento di liquame tardivo erano leggermente più elevati rispetto allo spandimento precoce. Inoltre, vi sono indicazioni relative a un effetto negativo del liquame più denso rispetto a quello più liquido. La correlazione tra la quantità di clostridium nei foraggiamenti destinati all'insilamento e il contenuto di acido butirrico negli insilati era tuttavia molto ridotta. Per la qualità dell'insilamento, erano soprattutto decisivi il grado di pre-fienagione del foraggio, la sua età e il tenore di fibre al momento dell'insilamento.

Bibliographie

- Beck R., 2011. Clostridienbesatz in Abhängigkeit von Ausbringtechnik und Schnitthöhe. In: Tagungsband Gülle 11, Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland. 330–332.
- DLG-Information 2/2006. Grobfutterbewertung. Teil B – DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung. www.DLG.org. 4 p.
- Latsch A., Nyfeler D., Huguenin-Elie O., Wyss U. & Anken T., 2014: Slurry application on grassland: Effects of technique, timing, slurry consistency and sward type. International Conference of Agricultural Engineering, 6.–10.7.2014, Zurich.
- Laws J. A., Smith K. A., Jackson D. R. & Pain B. F., 2002. Effects of slurry application method and timing on grass silage quality. *Journal of Agricultural Science* 139, 371–384.

Summary ■ Influence of different slurry application methods on grass silage quality

When slurry is applied, a great number of bacteria (e.g. clostridial spores) are spread on both the soil and forage. An experiment conducted at Agroscope Tänikon in 2013 and 2014 investigated the influence of three different slurry application techniques (broadcast, band-spread and trailing-shoe) on silage quality. In both years, samples were taken of three different cuts (in 2013, pure-grass sward; in 2014, mixed grass-clover sward). The forage was pre-wilted and ensiled in laboratory silos. Besides dry matter and nutrient content, clostridial spores were also determined in the fresh forage. With the silages, in addition to the most important nutritional parameters, special focus was placed on butyric acid content, in order to determine the influence of the individual slurry application methods.

Although the 2013 forage samples exhibited low counts of clostridial spores, somewhat higher clostridial spore counts were determined in 2014. Despite the low number of clostridial spores, differences were detected between the various treatments. For the two treatments broadcast and band-spread, there were slightly higher counts for the late slurry application date than for the early date. Furthermore, there were indications of a negative influence of the thicker as opposed to the thinner slurry. Nevertheless, the correlation between the clostridial spore count in the forage and the butyric acid content in the silages was very low. The degree of pre-wilting of the forage as well as the age of the forage respectively the crude-fibre content at the time of ensiling were vital factors for silage quality.

Key words: slurry application methods, clostridial spores, butyric acid, silage quality.

- Müller J., 1993. Pflanzen- und futterbauliche Auswirkungen unterschiedlicher Verfahren der Gülleausbringung. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 37^e Conférence annuelle de 26–28 août 1993, Husum, 207–210.
- Weissbach F. & Honig H., 1996. Über die Voraussage und Steuerung des Gärungsverlaufs bei der Silierung von Grünfutter aus extensivem Anbau. *Landbauforschung Völkenrode* 46 (1), 10–17.
- Zangerl P., 1989: Aspekte der Clostridienproblematik und Anaerobier-Züchtung. *Milchwirtschaftliche Berichte*, 101, S. 223–228.