

# Culture mixte pour l'alimentation animale: mélange de maïs et de haricots à rames et teneur en phasine

Ueli Wyss<sup>1</sup>, Andrea Enggist<sup>2</sup> et Daniel Brugger<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Agroscope, 1725 Posieux, Suisse

<sup>2</sup>Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg, 5722 Gränichen, Suisse

<sup>3</sup>Lehrstuhl für Tierernährung, Technische Universität München, 85354 Freising-Weihenstephan, Allemagne



Au Centre agricole de Liebegg, des essais en bandes sur le terrain avec un mélange de maïs et de haricots sont en cours depuis 2016. (Photo: Andrea Enggist, Liebegg)

## Introduction

La culture d'un mélange de maïs d'ensilage et de haricots à rames pourrait être une alternative à la culture conventionnelle du maïs d'ensilage. Le mélange maïs d'ensilage-haricot à rames est cultivé depuis des années en Amérique du Sud pour l'alimentation humaine.

Les haricots (*Phaseolus vulgaris*) utilisent les plants de maïs comme support et peuvent augmenter la teneur en protéines dans l'ensilage de maïs. L'ensemble de la plante de haricot a une teneur en protéines d'environ 14 %, soit deux fois plus élevée que celle du maïs. Selon

les études d'Aulrich *et al.* (2017), les ensilages de maïs et de haricots ont – en fonction de leur proportion de haricots – des teneurs en NEL comprises entre 5,8 et 6,4 MJ/kg de matière sèche. Les haricots faisant partie des légumineuses, ils ont donc la capacité de fixer l'azote grâce aux bactéries contenues dans les nodosités. Cet azote est disponible pour le maïs ou plus tard pour les cultures successives. De plus, les haricots poussent plus vite que le maïs, autrement dit les adventices sont mieux réprimées et le risque d'érosion peut être réduit.

Toutefois, les graines et les gousses des haricots contiennent des teneurs élevées en phasine, qui sont toxiques à l'état cru. Selon Brugger *et al.* (2018), la teneur en phasine des haricots varie considérablement selon la variété. On sait cependant que les haricots perdent leur toxicité par traitement thermique ou par la cuisson. En Allemagne, diverses études avec un mélange de maïs et de haricots à rames ont été réalisées ces dernières années. Aucun effet négatif sur la performance laitière n'a été observé chez les vaches ayant reçu ce type de mélange (Kälber *et al.* 2017; Leiser *et al.* 2019). Des études *in vitro* ont montré que la phasine était dégradée avec une grande efficacité pendant la protéolyse bactérienne (Brugger *et al.* 2018).

Des essais réalisés en 2016 et en 2017 ont permis d'établir si la phasine était déjà dégradée lors de la préparation de l'ensilage.

## Matériel et méthodes

A Oberentfelden (altitude: 420m), le Centre agricole Liebegg a testé en 2016 et en 2017, dans des essais en plein champ sans répétitions, la culture d'un mélange de maïs et de haricots à rames. En 2016, différentes périodes de semis des haricots et différentes techniques de semis (semis à la volée et semis monograine) ont été comparées à celles de la culture conventionnelle du maïs d'ensilage (variété Gottardo) (tabl. 1). En 2016, la variété de haricot Anellino giallo a été utilisée. Le 30 septembre 2016, le fourrage a été haché. Les rendements ont été déterminés et ensuite le fourrage des différentes variantes destiné à l'ensilage a été ensilé en balles (fig. 1) et en silos de laboratoire chez Agroscope. Des échantillons ont été prélevés pour en déterminer les composants pendant la préparation de l'ensilage et dans les ensilages. Les échantillons dans les ensilages ont été prélevés après une période d'ensilage de 104 jours. Divers paramètres de fermentation ont également été déterminés dans les ensilages. Pour déterminer la teneur en phasine, les échantillons ont été préalablement lyophilisés puis analysés selon Bolduan *et al.* (2016).

Dans l'essai réalisé en 2017, différentes densités de semis ont été testées pour les haricots et deux niveaux de fumure pour toutes les variantes (tabl. 2). Les semences ont été mélangées dans des proportions appropriées avant le semis, puis semées avec un semoir monograine conventionnel. La variété Benedictio a été utilisée pour le maïs et la variété WAV 512 pour les haricots. Selon les études de Brugger *et al.* (2018), cette variété a une teneur en phasine beaucoup plus faible que la variété Anellino giallo. Les balles avec les différentes variétés

## Résumé

La culture d'un mélange de maïs d'ensilage et de haricots à rames pourrait représenter une alternative à la culture conventionnelle du maïs d'ensilage. Les haricots utilisent les plants de maïs comme support et peuvent augmenter la teneur en protéines dans l'ensilage de maïs. Cependant, la question est toutefois de savoir comment le rendement et les teneurs se modifient par rapport à ceux de la culture de maïs pure. En outre, on a étudié l'incidence de l'ensilage sur la teneur en phasine toxique présente dans les haricots crus. Cette teneur est cruciale en cas d'affouragement de la culture mixte. Les effets en particulier lors de l'ensilage sur la phasine, qui est toxique dans les haricots crus, sont déterminants si l'on veut distribuer ce mélange comme fourrage. Le Centre agricole de Liebegg a réalisé en 2016 et en 2017 des essais avec un mélange de maïs d'ensilage et de haricots. En 2016, la variété de haricot Anellino giallo et en 2017 la variété WAV 512 ont été utilisées. En plus de la détermination du rendement, des ensilages ont également été produits en balles et en silos de laboratoire. La culture d'un mélange de maïs d'ensilage et de haricots a réduit les rendements en MS entre les différentes variétés de 13 à 29 % en 2016 et 2017 par rapport à la culture du maïs seul. La teneur en matière azotée variait de -10 % à +36 % par rapport à celle du maïs en culture pure. La teneur en phasine, qui dépend fortement de la variété, n'a pas été réduite par l'ensilage en balles et que légèrement par l'ensilage en silos de laboratoire; elle était très faible dans tous les ensilages. Pour une utilisation dans la pratique, il est recommandé de cultiver des variétés de haricots à faible teneur en phasine.

Tableau 1 | Variantes d'essai 2016.

Variante	Technique de semis	Densité de semis maïs	Densité de semis haricots	Période de semis des haricots
1	Semis monograine	7,5	–	
2	Semis à la volée	7,5	7,5	Simultanément
3	Semis monograine	7,5	7,5	Simultanément
4	Semis à la volée	7,5	7,5	Plus tard
5	Semis monograine	7,5	7,5	Plus tard

Densité de semis: graines par m<sup>2</sup>.

Simultanément: 10 mai 2016; plus tard: 7 juin 2016.



**Figure 1** | Les différents mélanges de maïs et de haricots ont été pressés en balles rondes avec une presse à balles stationnaire. (Photo: Ueli Wyss, Agroscope).

de maïs et de haricots ont été stockées à l'extérieur. Les haricots ont également été ensilés seuls dans des silos de laboratoire. De plus, du matériel provenant du mélange a aussi été ensilé dans des silos de laboratoire. Sur la base des résultats entre les balles et les silos de laboratoire de 2016, la moitié des silos a été stockée à température ambiante ( $\text{Ø } 20,2^\circ\text{C } \pm 0,5$ ) et l'autre moitié à température extérieure ( $\text{Ø } 10,7^\circ\text{C } \pm 7,5$ ). La récolte a eu lieu le 21 septembre 2017 et les échantillons d'ensilage ont été prélevés après une période d'ensilage de 82 jours.

**Tableau 2** | Variantes d'essai 2017.

Variante	Densité de semis maïs	Densité de semis haricots	Fumure N
11	10	–	101 kg/ha
12	10	–	74 kg/ha
13	7,5	5,0	101 kg/ha
14	7,5	5,0	74 kg/ha
15	7,5	6,0	101 kg/ha
16	7,5	6,0	74 kg/ha
17	7,5	7,5	101 kg/ha
18	7,5	7,5	74 kg/ha

Densité de semis: graines par m<sup>2</sup>, date de semis 11 mai 2017.

## Résultats et discussion

### Rendements et teneur en matière azotée

La récolte de 2016 effectuée avec un hacheur de maïs à six rangs s'est avérée difficile pour les variantes dans lesquelles le maïs a été semé à la volée. Les vrilles des haricots ont formé un filet dense, qui a obstrué le hacheur à plusieurs reprises lors de la récolte. Par contre, les méthodes de semis monograine ont permis une récolte beaucoup plus aisée.

Les rendements dans les variantes avec le mélange de maïs d'ensilage et de haricots ont varié entre 136 et 164 dt de matière sèche (MS)/ha et étaient plus faibles que dans la variante avec le maïs d'ensilage seul (192 dt MS/ha; fig. 2). Autrement dit, les rendements du mélange de maïs et de haricots étaient de 15 à 29 % inférieurs à ceux du maïs d'ensilage seul.

Une fois ensilé, le maïs a affiché une teneur en MS de 42 % et les quatre mélanges, une teneur en MS située entre 36 et 39 %. Un échantillon supplémentaire de haricots seuls a donné une teneur en MS de 28 %.

La teneur en matière azotée était en 2016 de 66 g/kg MS pour le maïs et de 145 g/kg MS pour les haricots. Dans les quatre variantes du mélange maïs et haricots, la teneur en matière azotée a varié entre 60 et 74 g/kg MS.

Au cours de la deuxième année d'essai (2017), les rendements en MS ont varié entre 153 et 195 dt/ha (fig. 3). De nouveau, les rendements du mélange de maïs et de haricots étaient de respectivement 13 % et 21 % plus faibles que ceux du maïs d'ensilage seul. Par rapport à la matière sèche, les haricots représentaient entre 9 et 19 % du mélange en 2017. Les pourcentages les plus élevés de haricots ont été trouvés dans les variantes 16 et 18, qui ont présenté également les rendements en MS les plus faibles. Lors de la mise en ensilage, le maïs a affiché en 2017 une teneur en matière sèche de 40 %,

les mélanges de maïs et de haricots entre 38 et 42 % et les haricots seuls 22 %.

La teneur en matière azotée était en 2017 de 54 g/kg MS pour le maïs et de 154 g/kg MS pour les haricots. Les mélanges de maïs et de haricots présentaient une teneur en matière azotée entre 58 et 74 g/kg MS, plus élevée de 7 à 36 % que dans la culture de maïs seul.

Tant en 2016 qu'en 2017, les ensilages ont présenté une bonne qualité de fermentation. L'acide butyrique n'a été détecté qu'à l'état de traces. Les paramètres de fermentation de l'année d'essai 2016 sont présentés

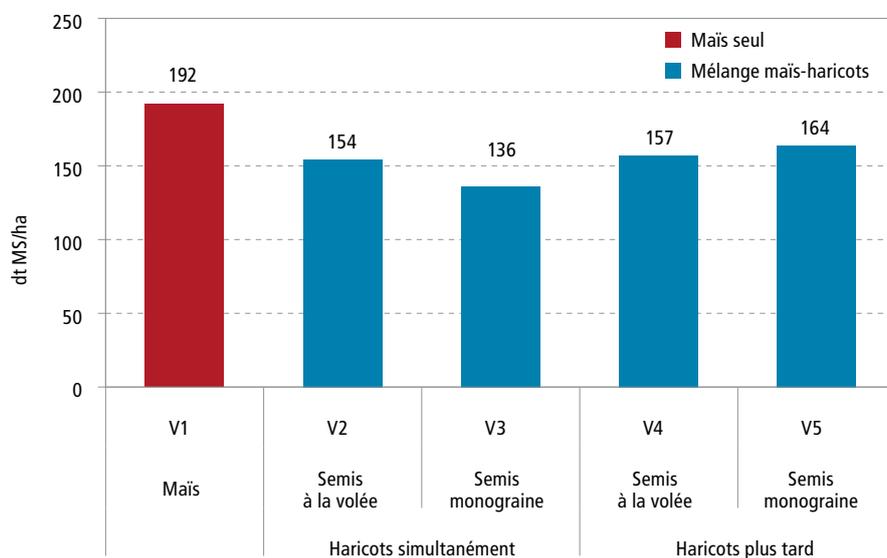


Figure 2 | Rendements en matière sèche des variantes de 2016.

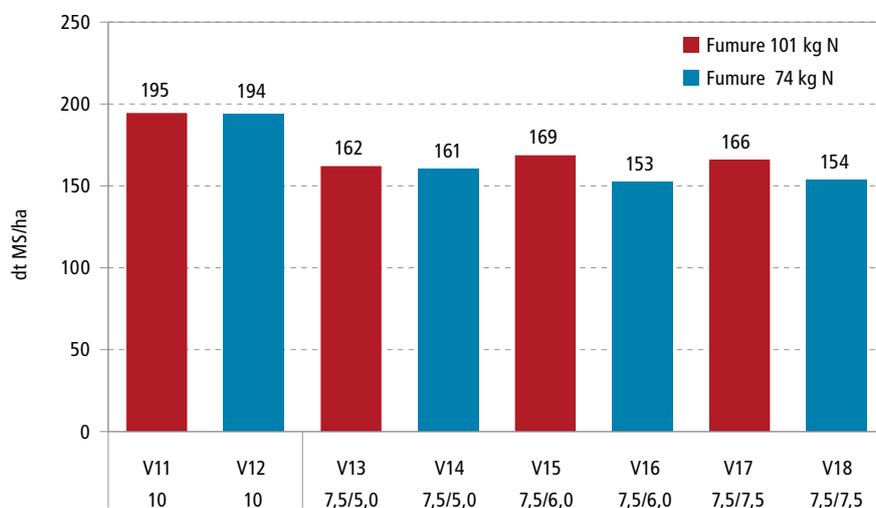


Figure 3 | Rendements en matière sèche des variantes de 2017.

dans la figure 4. La valeur moyenne du pH était de 4,0. Les ensilages de haricots seuls de l'année d'essai 2017 ont produit moins d'acide lactique, mais davantage d'acide acétique (fig. 5). La valeur pH s'élevait à 4,8. Il n'y avait pas de différences au niveau des acides fermentaires entre les ensilages issus des silos de laboratoire entre-

posés à température ambiante et ceux entreposés à température extérieure.

### Teneur en phasine

Les haricots de la variété Anellino giallo avaient une teneur en phasine de 16 mg/g de fourrage. Le mode d'en-

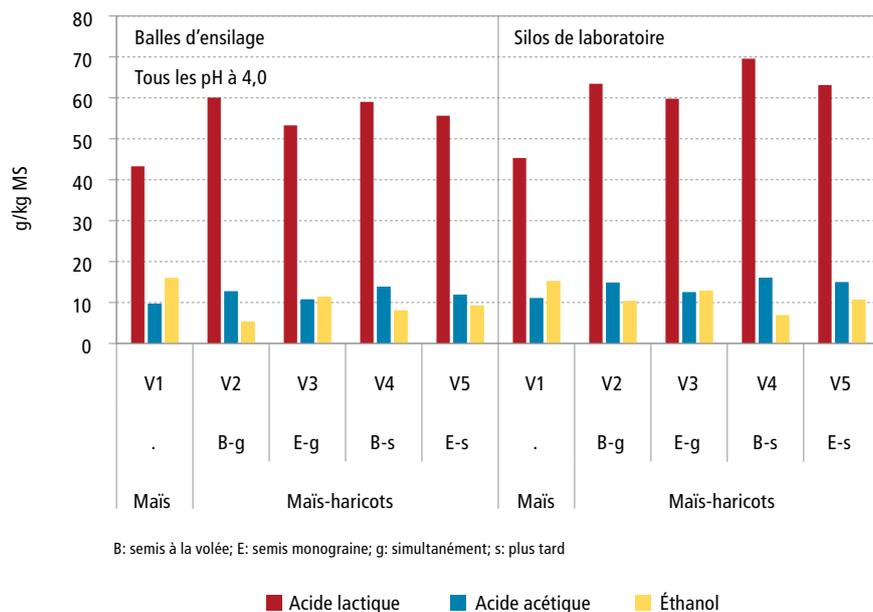


Figure 4 | Paramètres de fermentation des ensilages de l'année d'essai 2016.

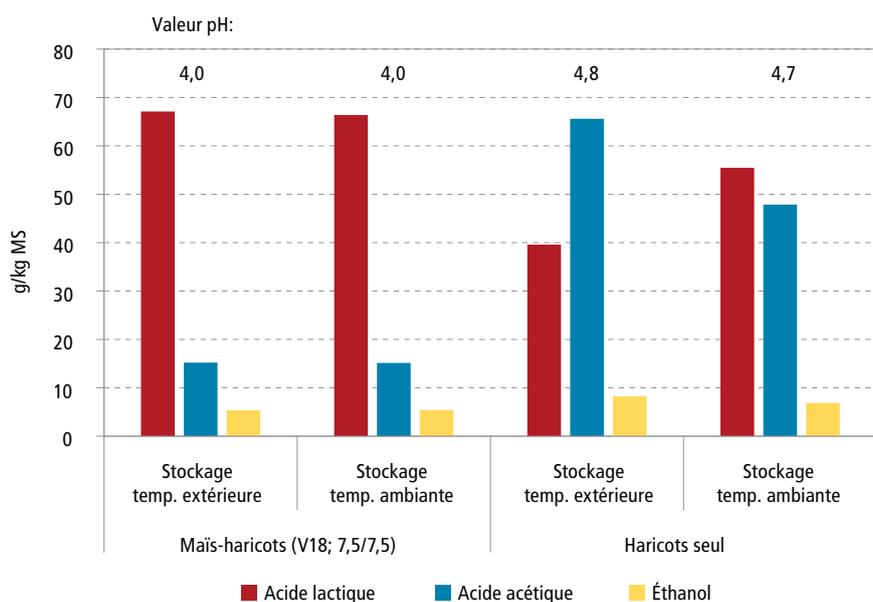


Figure 5 | Paramètres de fermentation des ensilages issus des silos de laboratoire de l'année d'essai 2017 à différentes températures de stockage.

silage, soit en balles ou en silos de laboratoire, a eu des effets différents sur la teneur en phasine, bien que les paramètres de fermentation soient très similaires.

Dans les balles d'ensilage, la teneur en phasine était en moyenne 30 % plus élevée et dans les silos de laboratoire 35 % plus basse que dans le fourrage avant la mise en

ensilage (fig. 6). Est-ce que la température du stockage des ensilages a pu avoir ces effets?

La variété de haricot WAV 512 utilisée au cours de la deuxième année d'essai présentait une teneur en phasine nettement plus faible de 0,94 mg/g que la variété Anellino giallo utilisée au cours de la première année d'essai.

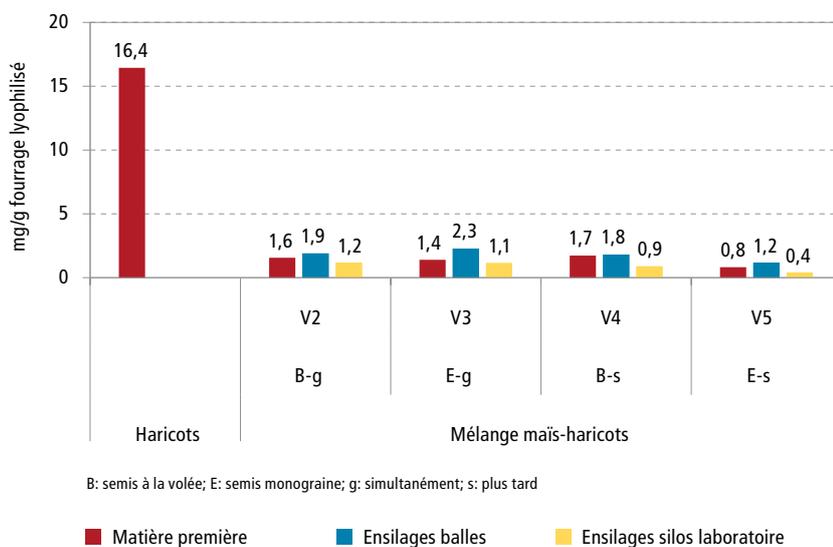


Figure 6 | Teneurs en phasine de la matière première et des ensilages (année d'essai 2016).

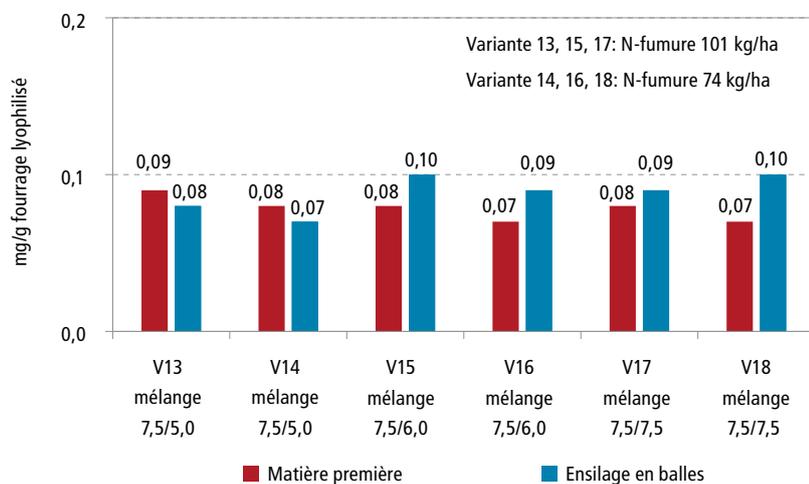
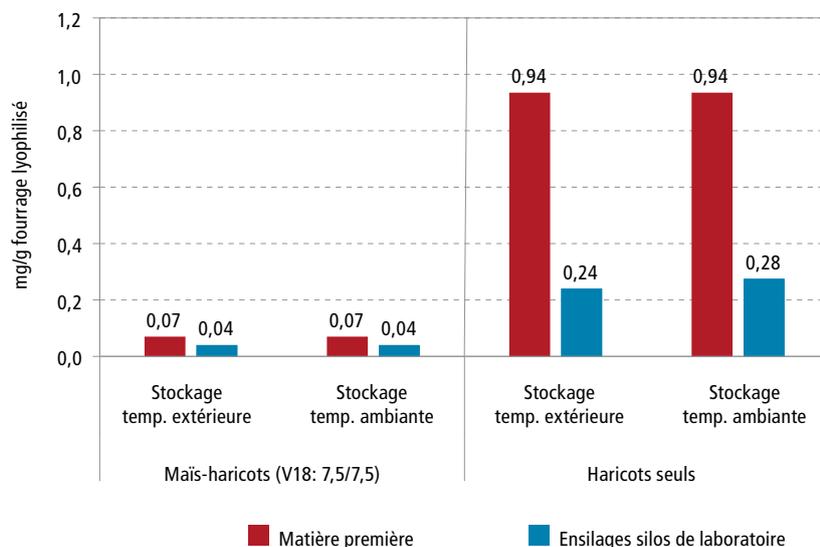


Figure 7 | Teneur en phasine de la matière première et des ensilages en balles (année d'essai 2017).



**Figure 8** | Teneurs en phasine de la matière première et des ensilages des silos de laboratoire à différentes températures de stockage (année d'essai 2017).

Dans les variantes de 2017 avec le mélange de maïs et de haricots, la teneur en phasine des ensilages en balles n'était que légèrement inférieure respectivement supérieure à celle de la matière première (fig. 7), ce qui correspond aux résultats d'analyse de 2016.

Dans les ensilages issus des silos de laboratoire, une diminution plus forte de la teneur en phasine a de nouveau été observée, comparée à celle de l'ensilage en balles. Cependant, les différentes températures de stockage n'ont pas eu d'influence sur la diminution (fig. 8). Les teneurs en phasine de tous les ensilages étaient très faibles. Aucune valeur n'était sensiblement supérieure à 2 mg/g, ce qui peut être considéré comme négligeable (Leiser *et al.* 2019).

#### Teneur en phasine dans les granulés

D'autres études menées au cours de la production de granulés dans une usine de séchage d'herbe ont montré que le séchage réduisait la teneur en phasine, qui passait ainsi de 0,06 à 0,01 mg/g de fourrage.

## Conclusions

- La culture d'un mélange de maïs d'ensilage et de haricots a réduit les rendements en MS entre les différentes variantes de 13 à 29 % en 2016 et 2017 par rapport à la culture de maïs seul.
- Les teneurs en matière azotée variaient entre -10 et +36 % par rapport à celle de la culture de maïs seul.
- Les ensilages préparés avec le mélange de maïs d'ensilage et de haricots présentaient une bonne qualité de fermentation.
- La teneur en phasine des haricots dépend fortement de la variété.
- Lors de l'ensilage en balles dans les conditions de la pratique, la teneur en phasine n'a diminué que légèrement ou était même plus élevée.
- La mise en ensilage a entraîné une diminution de la teneur en phasine dans les silos de laboratoire.
- Les teneurs en phasine de tous les ensilages étaient très faibles.
- Dans le mélange de maïs et de haricots, il est recommandé d'utiliser des variétés de haricots à faible teneur en phasine pour l'alimentation des vaches laitières. ■

**Riassunto**
**Culture miste per gli alimenti per animali: miscela di maïs e fagioli e contenuto di fasina**

La coltivazione di una miscela di maïs e fagioli insilati potrebbe essere un'alternativa al maïs insilato convenzionale. I fagioli utilizzano le piante di maïs come supporto e potrebbero aumentare il contenuto proteico dell'insilato di maïs. Tuttavia, la domanda è come cambiano la resa e i tenori delle altre sostanze. In particolare, l'effetto dell'insilamento sulla fasina, che è tossica nei fagioli crudi, è decisivo per questa miscela in quanto foraggiamento. Nel 2016 e 2017 il centro agricolo di Liebegg ha testato la coltivazione di una miscela di maïs e fagioli insilati. Sono state confrontate le diverse epoche di semina dei fagioli, le diverse tecniche di semina (semina in pieno campo e semina in grani singoli), le quantità di sementi e le diverse quantità di fertilizzante con la coltivazione convenzionale del maïs. Nel 2016 è stata utilizzata la varietà di fagioli Anellino giallo e nel 2017 la WAV 512. Oltre alla determinazione della resa, sono stati prodotti insilati anche in balle e sili di laboratorio. La miscela di maïs e fagioli insilati ha ridotto le rese di materia secca tra le diverse varietà del 13–29 % nel 2016 e 2017 rispetto alla coltivazione di maïs puro. Il contenuto di proteine grezze era fino al –10 to 36 % più elevato rispetto alla coltivazione del maïs puro. Il contenuto di fasina, che dipende fortemente dalla varietà, non è stato ridotto dall'insilato nelle balle e leggermente ridotto nei sili di laboratorio. La coltivazione di varietà di fagioli a basso contenuto di fasina è raccomandata per l'uso nella pratica.

**Summary**
**Mixed cultures for animal feed: maize/runner bean mixture and phasin content**

Growing a mixture of silage maize and runner beans could be an alternative to conventional silage-maize cultivation. The beans use the maize plants as a support, and are expected to increase the protein content of the maize silage. The question, though, is how yield and content of other substances change when the two crops are grown together. In particular, the effects of silage production on the phasin, which is toxic in the raw beans, are crucial for the use of this mixture as animal feed. In 2016 and 2017, the Liebegg Agricultural Centre tested the cultivation of a mixture of silage maize and runner beans in a field test without repeat. The bean variety «Anellino giallo» was sown in 2016, and «WAV 512» was used in 2017. In addition to determining yields, silages were also produced in bales and laboratory silos. Compared to maize grown on its own, the cultivation of a silage maize/bean mixture caused DM yields between the different variants to fall by 13–29 % in 2016 and 2017. Crude protein content was up to –10 to 36 % higher than with maize cultivation on its own. Phasin content, which is heavily dependent on the choice of variety, was not reduced by ensiling in bales, and was only slightly reduced by ensiling in the laboratory silos. For use in practice, the cultivation of bean varieties with a low phasin content is recommended.

**Key words:** maize silage, runner beans, yields, phasin.

**Bibliographie**

- Aulrich K., Meyer U., Fischer J. & Böhm H., 2017. Futterwert von Mais-Bohnen-Silagen: Stangen- und Feuerbohnen im Vergleich. 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau in Freising-Weihenstephan, 96–99.
- Bolduan C., Stäbler R., Buffler M. & Windisch W., 2016. Untersuchungen zum Gehalt von aktiven Lektinen in Gartenbohnen mittels ELISA. In: Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (ALVA), editor. 71 ALVA Jahrestagung 2016. Klagenfurth (Austria).
- Brugger D., Hobmeier T., Buffler M., Bolduan C. & Windisch W., 2018. Zum ruminalen Abbau von Phasinen aus Stangenbohnen (*Phaseolus vulgaris*) sowie deren Einfluss auf die Gasbildung *in vitro*. *VDLUFA-Schriftenreihe* 75, 381–388.
- Kälber T., Aulrich K., Barth K., Böhm H., Bussemas R., Fischer J., Höinghaus K. & Weissmann F., 2017. Mais-Stangenbohnen-Silage als Futtermittel für Milchkühe und Mastschweine. 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau in Freising-Weihenstephan, 100–103.
- Leiser W., Brugger D. & Kastens K., 2019. Eine Alternative für die Ration. *DLG-Mitteilungen* 3, 64–66.