

Influence de la variété de maïs et du stade de développement sur la stabilité aérobie de l'ensilage

Ueli Wyss et Yves Arrigo

Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP-Haras, 1725 Posieux, Suisse

Renseignements: Ueli Wyss, e-mail: ueli.wyss@agroscope.admin.ch, tél. +41 26 407 72 14



Le maïs haché a été ensilé dans des cuves en polyester de 700 litres.

Introduction

Excellent fourrage, le maïs fait partie des plantes faciles à ensiler. Pourtant, les ensilages de maïs, en particulier ceux de bonne qualité, sont sujets aux post-fermentations ou aux échauffements, car les teneurs en sucres résiduels ou en acide lactique sont parfois élevées et celles en acide acétique basses. Selon Wilkinson et Davies (2012), les conditions environnementales (influence de

l'année) et la technique d'ensilages sont aussi des facteurs importants, susceptibles de provoquer des échauffements, de la production de l'ensilage jusqu'au désilage. Selon les études de Spiekers *et al.* (2002) et de Wyss (2002), certaines variétés de maïs sont davantage sujettes aux échauffements. Dans ces essais, le classement des variétés envers l'échauffement s'est différencié selon l'année. En outre, les études de Borreani et Tabacco (2012) montrent que le prélèvement de l'ensilage est un

facteur déterminant dans l'apparition de l'échauffement. La question s'est donc posée de savoir si la tendance aux échauffements est influencée davantage par l'année et les conditions climatiques que par la variété. Pour vérifier la prédiction de la valeur nutritive des ensilages de maïs et l'améliorer, les variétés de maïs Amadeo et LG 32.52 ont été cultivées et récoltées pendant deux années aux stades laiteux, pâteux-mou et pâteux-dur puis ensilées (Arrigo et Stoll 2012). Ce matériel a permis d'analyser la qualité d'ensilage et la stabilité aérobie des ensilages. Le but de cette étude était de déterminer dans quelle mesure la variété de maïs et le stade de développement, voire l'année, influencent la stabilité aérobie des ensilages.

Matériel et méthodes

En 2008 et en 2010, les deux variétés de maïs Amadeo (typé « amidon ») et LG 32.52 (typé « digestibilité ») ont été cultivées à Posieux FR (640 m). Les plantes de maïs ont été récoltées à trois stades de développement différents: stade laiteux avec en moyenne $23 \pm 2,4\%$ de matière sèche (MS), stade pâteux-mou avec $29 \pm 1,9\%$ de MS et stade pâteux-dur avec $41 \pm 0,9\%$ de MS. Pour la variété LG 32.52, aucun maïs n'a pu être récolté au stade pâteux-dur en 2008. Le maïs a ensuite été haché au champ à une longueur de 5 mm et ensilé sans agent de conservation dans deux cuves en polyester (capacité: 700 l) par variante. Celles-ci ont été refermées par un film plastique et recouvertes de sable. Après une durée d'entreposage d'environ 118 ± 30 jours, les cuves ont été ouvertes et des échantillons ont été prélevés au moyen d'une sonde afin d'en déterminer les paramètres de fermentation et la stabilité aérobie. Les éléments nutritifs bruts ont été déterminés dans le fourrage qui a été distribué à des moutons pendant les essais de digestibilité. La stabilité aérobie a été relevée en mesurant et en enregistrant la température des ensilages toutes les 30 minutes pendant neuf jours. Les ensilages ont été considérés comme stables du point de vue aérobie aussi longtemps que leur température ne dépassait pas de plus de 1°C la température ambiante.

Résultats et discussion

Teneurs en nutriments

Plus le stade de développement était avancé, plus les teneurs en cendres brutes et en constituants pariétaux (cellulose brute, lignocellulose et parois) étaient basses et la teneur en amidon élevée (tabl. 1) pour les deux variétés de maïs. Au cours des deux années, la teneur en amidon de la variété Amadeo était plus élevée que celle

Résumé Lors d'essais réalisés en 2008 et en 2010, les deux variétés de maïs Amadeo et LG 32.52 ont été cultivées et récoltées aux stades laiteux, pâteux-mou et pâteux-dur puis ensilées dans des cuves d'une capacité de 700 l. A l'ouverture de celles-ci, des échantillons ont été prélevés pour en déterminer la qualité fermentaire et la stabilité aérobie à l'aide de suivis de température. Plus le stade de développement était avancé, plus les teneurs en cendres brutes et en constituants pariétaux étaient basses et la teneur en amidon élevée dans les ensilages des deux variétés de maïs. La teneur en sucre résiduel était relativement basse aussi bien pour les deux variétés que pour les trois stades de développement. La fermentation lactique a été plus intense dans l'ensilage des deux variétés récolté au stade laiteux qu'aux stades pâteux-mou et pâteux-dur. C'est aussi au stade laiteux que les pertes en matière sèche (MS) étaient les plus élevées. En ce qui concerne la stabilité aérobie, les deux variétés se sont comportées de façon similaire. Par contre, malgré des conditions d'ensilage semblables, de grandes différences entre les deux années ont été constatées. Les conditions environnementales ont eu à ce propos une influence plus importante sur la stabilité aérobie que la variété.

Tableau 1 | Composition chimique des ensilages de maïs des deux variétés aux trois stades (teneurs en g/kg de MS)

Variété	Année	Stade	Cendres	Matière azotée	Cellulose brute	ADF	NDF	Sucres	Amidon
Amadeo	2008	laiteux	45	77	290	338	564	26	79
		pâteux-mou	39	76	233	258	446	23	279
		pâteux-dur	33	76	191	223	426	30	366
LG32.52	2008	laiteux	47	83	294	337	536	23	46
		pâteux-mou	42	86	225	250	448	27	255
Amadeo	2010	laiteux	43	80	229	250	459	31	182
		pâteux-mou	34	74	193	223	467	27	351
		pâteux-dur	32	80	178	205	404	28	409
LG32.52	2010	laiteux	44	80	256	284	494	32	166
		pâteux-mou	40	74	224	256	472	38	314
		pâteux-dur	36	68	203	231	449	31	396

ADF: Lignocellulose; NDF: paille.

de la variété LG 32.52. Pour la teneur en matière azotée, aucune tendance marquée n'a été observée: généralement, les valeurs étaient semblables entre les deux variétés et entre les trois stades. Le sucre (sucre soluble dans l'éthanol) a été fortement décomposé par le processus de fermentation dans tous les ensilages et se situait à un niveau bas pour les deux sortes de maïs aux trois stades de développement.

Paramètres de fermentation

De manière générale, les ensilages ont enregistré des valeurs pH basses (tabl. 2). Uniquement en 2010, des valeurs pH plus élevées (4,4) ont été enregistrées pour les deux variétés de maïs au stade de développement pâteux-dur. La fermentation lactique a été la plus intense

dans le maïs avec les teneurs en MS les plus basses. En conséquence, les teneurs en acide lactique de même que celles en acide acétique étaient plus élevées dans les ensilages au stade laiteux qu'aux stades pâteux-mou et surtout pâteux-dur (tabl. 2). Aucun acide propionique ni butyrique ne se s'est formé, ou alors en très faibles quantités. Les teneurs en éthanol et en acide lactique ont diminué en fonction du stade croissant de développement pour les deux variétés et au cours des deux années. Avec des valeurs situées entre 3,6 et 7,4 %, la proportion d'azote ammoniacal par rapport à l'azote total était relativement faible dans tous les ensilages. Selon l'échelle d'évaluation DLG, tous les ensilages ont enregistré des valeurs entre 99 et 100 points. En d'autres termes, ils étaient tous de très bonne qualité.

Tableau 2 | Paramètres fermentaires des ensilages de maïs des deux variétés aux trois stades

Variété	Année	Stade	MS %	pH	Acide lactique g/kg MS	Acide acétique g/kg MS	Acide propionique g/kg MS	Acide butyrique g/kg MS	Ethanol g/kg MS	NH ₃ -N/ N tot %	Points DLG
Amadeo	2008	laiteux	22,5	3,8	73	27	0	1	23	5,2	100
		pâteux-mou	27,4	4,0	49	22	0	0	15	4,8	99
		pâteux-dur	41,2	4,0	46	12	0	0	8	4,5	100
LG32.52	2008	laiteux	22,2	3,8	83	27	0	1	24	6,0	100
		pâteux-mou	27,5	4,0	53	22	0	0	20	3,6	100
Amadeo	2010	laiteux	24,3	3,7	86	19	0	1	20	7,4	100
		pâteux-mou	31,7	3,8	51	17	0	0	10	6,7	100
		pâteux-dur	41,0	4,4	16	9	0	0	9	5,2	100
LG32.52	2010	laiteux	23,5	3,7	95	21	0	1	18	5,3	100
		pâteux-mou	29,8	4,0	38	16	0	0	10	6,0	99
		pâteux-dur	38,7	4,4	17	11	0	0	10	5,0	100

N-NH₃/N tot.: proportion d'azote ammoniacal par rapport à l'azote total.

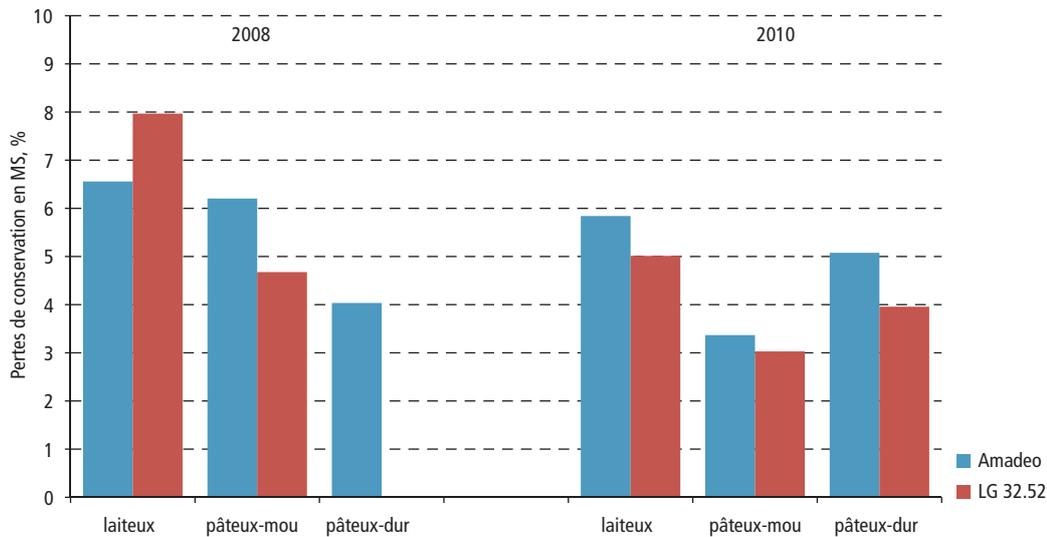


Figure 1 | Pertes de conservation des ensilages de maïs des deux variétés aux trois stades.

Pertes en matière sèche

Les pertes en MS relevées sont illustrées dans la figure 1. Dans le premier essai, les pertes en MS ont légèrement diminué en fonction du stade de développement croissant, et ce pour les deux variétés de maïs. Dans le deuxième essai, les pertes ont diminué du stade laiteux au stade pâteux-mou. Les pertes se sont cependant de nouveau accrues du stade pâteux-mou au stade pâteux-dur.

Stabilité aérobie

En ce qui concerne la stabilité aérobie, les deux variétés Amadeo et LG 32.52 se sont comportées de façon très similaire. Il y a eu cependant des différences entre les

deux années (fig. 2). En 2008, les ensilages récoltés au stade laiteux se sont échauffés beaucoup plus rapidement que ceux récoltés aux stades pâteux-mou et pâteux-dur. En 2010, tous les ensilages se sont échauffés plus rapidement que ceux de 2008. Plus le stade de développement était avancé, plus les ensilages s'échauffaient rapidement. Selon Kung (2010), en plus de la teneur en sucre résiduel, la teneur en amidon joue un rôle important dans l'échauffement. Cette teneur était plus élevée dans les ensilages récoltés aux stades pâteux-mou et pâteux-dur qu'au stade laiteux.

Pour les essais, deux cuves par variante ont été utilisées. Elles ont été ouvertes après différentes durées de

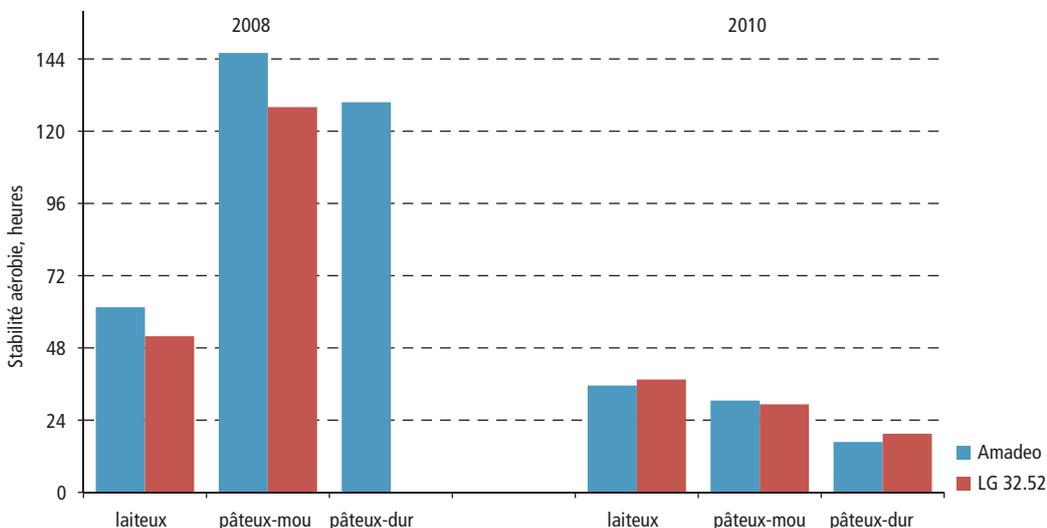


Figure 2 | Stabilité aérobie des ensilages de maïs des deux variétés aux trois stades.



Figure 3 | Après une durée d'entreposage de 118 jours en moyenne, les cuves ont été ouvertes et des échantillons prélevés.

stockage (fig. 3). Les ensilages des cuves ouvertes en moyenne 22 jours plus tard se sont moins vite échauffés dans 5 cas sur 7.

Les résultats obtenus dans cette étude confirment les résultats de Spiekers *et al.* (2002) et ceux de Wyss (2002), selon lesquels les conditions environnementales (influence de l'année) et le stade de récolte ont une plus grande influence sur la stabilité aérobie des ensilages que la variété.

- Des différences ont été constatées au niveau de la stabilité aérobie entre les trois stades de développement, mais l'influence du stade n'était pas la même lors des deux années.
- De grandes différences au niveau de la stabilité aérobie ont été relevées entre les deux années de récolte alors que les conditions d'ensilages étaient identiques, ce qui peut être dû aux différentes conditions environnementales. ■

Conclusions

- La présente étude sur les deux variétés de maïs Amadeo et LG 32.52 montre qu'un stade de développement avancé entraîne une fermentation lactique moins intense et par conséquent une formation d'acide lactique et d'acide acétique plus faible.
- Aucune différence au niveau de la stabilité aérobie n'a été observée entre les deux variétés de maïs.

Riassunto**Influenza della varietà di maïs e dello stadio di sviluppo sulla stabilità aerobica di insilato**

Nel 2008 e nel 2010 sono state raccolte due varietà di maïs Amadeo e LG 32.52 agli stadi di maturazione latteo, pastoso precoce e pastoso tardivo, successivamente insilate in contenitori da 700 l. Dopo l'apertura dei contenitori sono stati prelevati campioni per rilevare la qualità fermentativa e la stabilità aerobica attraverso la misurazione della temperatura.

Con l'avanzare dello stadio di sviluppo di entrambe le varietà, negli insilati si osservava un calo dei tenori in ceneri grezze e in frazioni fibrose nonché un aumento di quello in amidi. Il tenore di zucchero residuo era relativamente basso in entrambe le varietà e a tutti e tre gli stadi di maturazione.

Nel maïs, raccolto allo stadio latteo, per entrambe le varietà la fermentazione dell'acido lattico era più intensa di quella agli stadi pastoso precoce e pastoso tardivo. Di conseguenza, si potevano riscontrare le perdite di SS maggiori.

Per quel che riguarda la stabilità aerobica entrambe le varietà presentavano comportamenti molto simili. Nonostante le stesse condizioni d'insilamento, invece, si riscontravano notevoli differenze tra i due anni. Le condizioni meteorologiche, quindi, hanno un'incidenza maggiore sulla stabilità aerobica della scelta della varietà.

Summary**Influence of the maize variety and the stage of development on the aerobic stability**

In the years 2008 and 2010, the two maize varieties Amadeo and LG 32.52 were harvested in the milk ripeness, in the early and late dough stage and ensiled in 700 l containers. After opening the container, samples were taken to determine the fermentation quality and the aerobic stability with temperature measurements.

With increasing development stage of the two varieties, the ash contents and fiber fractions in the silages decreased while the starch increased. The sugar content was relatively low in both varieties and in all three stages of development. In the maize silage, harvested in the milk stage, a more intensive lactic acid fermentation took place in both varieties than it did in the early and late dough stage. Furthermore, this is where the highest dry matter losses were observed. Regarding the aerobic stability, both varieties were very similar. Despite the same management conditions, big differences between the two years could be made out. The environmental conditions therefore have a greater impact on the aerobic stability than the choice of the variety.

Key words: maize silage, maize varieties, stage of development, aerobic stability.

Bibliographie

- Arrigo Y. & Stoll P., 2012. Estimation de la valeur nutritive de l'ensilage de maïs. *Recherche Agronomique Suisse* 3 (9), 442–449.
- Borreani G. & Tabacco E., 2012. Effect of silo management factors on aerobic stability and extent of spoilage in farm maize silages. Proceeding of the XVI international Silage Conference, Hämeenlinna, Finland, 71–72. Optimising the application technique for silage.
- Kung L., 2010. Aerobic stability of silage. Proceedings of California Alfalfa & Forage Symposium and Corn/Cereal Silage Conference.
- Spiekers H., Miltner R. & Mues N., 2002. Einfluss der Maissorte auf Gärqualität, Gärverluste und aerobe Stabilität. Kongressband 2002. VDLUFA-Schriftenreihe 58, 308–313.
- Wilkinson J. M. & Davies D. R., 2013. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass and Forage Science* 68 (1), 1–19.
- Wyss U., 2002. Einfluss verschiedener Maissorten auf aerobe Stabilität. *Agrarforschung* 9 (9), 380–385.