

# Estimation de la valeur nutritive de l'ensilage de maïs

Yves Arrigo et Peter Stoll, station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP-Haras, 1725 Posieux  
Renseignements: Yves Arrigo, e-mail: yves.arrigo@alp.admin.ch, tél. +41 26 40 77 264



**Figure 1** | Les deux variétés étudiées au stade pâteux-mou: LG32.52 à gauche (2 rangs visibles) et Amadeo à droite (4 rangs).

## Introduction

En Suisse, la surface consacrée au maïs s'élève à 46 800 ha (OFS 2011), soit 5,9 % de la surface consacrée à la production fourragère et constituée de prairies temporaires et de prairies permanentes (sans les alpages).

Bien que répandu et utilisé abondamment dans les rations de nos ruminants, le maïs plante entière est un fourrage dont la valeur nutritive est délicate à prédire. La digestibilité de la matière organique (dMO) est un facteur essentiel pour l'estimation de la valeur nutritive. Dans le cas du maïs, son estimation est ambiguë du fait que la dMO de la plante entière est la somme des

dMO des tiges, des feuilles et des épis, dont les proportions dans la plante changent radicalement en fonction du stade de croissance. La dMO élevée de l'épi riche en amidon, dont la part dans la plante croît, compense en partie la dMO du reste de la plante qui régresse avec la lignification des tiges et la dégénérescence des feuilles.

Pour éviter des investigations expérimentales onéreuses, la dMO peut être déterminée par différentes procédures chimiques, enzymatiques ou microbiologiques (Schubiger *et al.* 2001) ou estimée par équations. Ce dernier procédé, qui se base sur la composition chimique, apporte des réponses plus ou moins fiables selon la concordance de l'échantillon avec les données

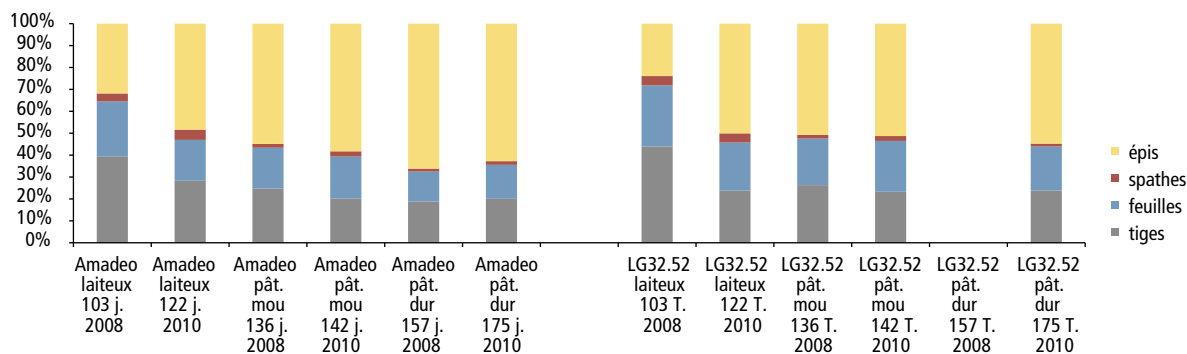
du modèle. Une détermination exacte ne peut se faire que par expérimentation *in vivo*, mais cette exactitude a un prix qui ne la met pas à portée de la pratique, la réservant à l'élaboration et à la vérification des modèles. Depuis la mise en activité de la station de recherche Agroscope de Posieux en 1976, une trentaine d'essais de digestibilité du maïs ont été réalisés, ce qui représente 124 traitements et 546 valeurs individuelles.

Le modèle actuellement proposé dans le Livre vert (LV2011) pour l'estimation de la DMO du maïs plante entière (PE) est issu d'une synthèse de plus de 254 essais réalisés en France (INRA). Comme tout modèle, il permet une approche qui peut se différencier de la réalité. Afin de cerner ces écarts, des valeurs nutritives d'ensilages calculées avec des digestibilités et dégradabilité de la matière azotée (deMA) estimées sont comparées aux valeurs établies avec des coefficients déterminés expérimentalement.

## Matériel, animaux et méthodes

Deux variétés de maïs ont été cultivées en 2008 et 2010 à Posieux, altitude 640 m (tabl. 1; fig. 1), à savoir les variétés Amadeo typé « amidon » et LG32.52 typé « digestibilité ». Les plantes ont été récoltées à 3 stades différents: au stade laiteux à  $23 \pm 1,3\%$  de matière sèche (MS), pâteux-mou à  $30 \pm 1,5\%$  de MS et pâteux-dur à  $41 \pm 2,0\%$  de MS. Elles ont été broyées au champ à 5 mm selon l'usage pour l'ensilage en Suisse. Les ensilages ont été réalisés sans agent de conservation dans des cuves en polyester de 700 litres refermées par un film plastique qui est recouvert et pressé par du sable. >

**Résumé** Afin de vérifier et d'améliorer la prédiction de leur valeur nutritive, 12 ensilages de maïs ont été étudiés en complément aux essais antérieurs. Deux variétés (Amadeo et LG32.52) ont été récoltées à trois stades différents au cours de deux années. La digestibilité de la matière organique (DMO) a été déterminée avec des moutons et la dégradabilité de la matière azotée (deMA) avec des vaches fistulées. Les compositions chimiques se différençaient davantage entre les années qu'entre les variétés. Avec la maturité des plantes, les DMO ont augmenté, le stade laiteux se distinguant ( $p < 0,01$ ) des deux stades pâteux ( $69,1\%$  vs  $74,9\%$  et  $76,8\%$ ), sans distinction entre les deux variétés, alors que la deMA a diminué. Au stade pâteux-dur, la deMA était inférieure ( $66,5\%$   $p < 0,01$ ) à celles des autres stades ( $76,5\%$  laiteux et  $77,8\%$  pâteux-mou). La deMA des deux variétés était similaire ( $p = 0,4$ ). Les différences entre les valeurs nutritives calculées à partir des coefficients déterminés ou estimés par équations variaient de  $+2\%$  à  $-14,6\%$  pour les NEL et de  $+9\%$  à  $-16,6\%$  pour les PAIE. Une nouvelle équation pour la matière organique digestible (MOD) et une correction de la MOD estimée sont proposées pour réduire les écarts résiduels. Les valeurs prédites resteront des valeurs approximatives qui doivent être utilisées en connaissance de cause.



Variété, stade, âge en jours depuis le semis, année de culture.

La récolte LG32.52 au stade pâteux-dur 2008 a été anéantie par des facteurs indépendants de l'essai.

**Figure 2 | Composition anatomique des plantes de maïs aux différents âges depuis le semis.**

Tableau 1 | Calendrier des cultures

Année	Semis	Date de récolte (nbre de jours depuis le semis)		
		laiteux	pâteux-mou	pâteux-dur
2010	26.04	26.08 (122j)	15.09 (142j)	18.10 (175j)
2008	7.05	20.08 (103j)	23.09 (136j)	14.10 (157j)

La digestibilité de la matière organique (dMO) et de la matière azotée (dMA) a été déterminée *in vivo* avec des béliers castrés adultes de race Oxford (n: 4/traitement; 4,9 ± 2,7 ans; 73,5 ± 14,6 kg). La procédure expérimentale comprenait une période d'adaptation d'une semaine en groupe, puis deux semaines en stalle individuelle, suivies de deux périodes de bilan de 4 jours.

La dégradabilité de la matière azotée (deMA) a été déterminée par la méthode *in sacco* (Dohme *et al.* 2007, fig. 3) avec 3 vaches Holstein taries fistulées (711 ± 30 kg). Les échantillons à incuber ont été prélevés par sonde dans les cuves d'ensilage, puis lyophilisés et moulus à 3 mm.

Pour l'estimation des valeurs nutritives, les coefficients de digestibilité ont été calculés avec les équations LV2011. Les coefficients de la deMA sont ceux édités dans la table du LV2011.

## Résultats

Lors de la croissance de la plante après la floraison, le développement de l'épi et le remplissage des grains dominant jusqu'à la récolte (Carpentier et Gabon 2011). Pour Amadeo, le développement de l'épi était généralement plus précoce, sa part dans la plante plus élevée que pour LG32.52 (fig. 2; au stade pâteux-mou 7–8 % d'épis en plus dans la plante chez Amadeo).

### Composition chimique

L'évolution des nutriments de la plante entière en fonction des stades suit les modifications physiologiques: pertes azotées par la dégénérescence des feuilles et augmentation énergétique (amidon, graisse) par le développement des grains. Cette évolution variait d'une année à l'autre (tabl. 2 et 3).

A la récolte, la teneur en amidon d'Amadeo était plus élevée que celle de LG32.52 au stade laiteux de 22 % (34 g/kg MS), au stade pâteux-mou de 26 % (82 g) et au stade pâteux-dur de 11 % (42 g). Ces différences étaient de respectivement 28 %, 14 % et 6 % dans l'ensilage après conservation, ce qui atteste bien le type «amidon» attribué à Amadeo. Au stade laiteux, la teneur en amidon s'est fortement différenciée entre les deux années, avec pour Amadeo 100 g/kg MS en 2008 vs 207 g/kg MS en 2010 et pour LG32.52 69 g vs 169 g/kg MS. La récolte 2008 a été réalisée 103 jours après le semis vs 122 jours en 2010.



Figure 3 | Extraction des sachets incubés dans la panse pour détermination de la dégradabilité de la matière azotée.

**Tableau 2 | Composition chimique du maïs à la récolte (teneurs 2008/2010, en g/kg de MS)**

Variétés	laiteux		pâteux-mou		pâteux-dur	
	Amadeo	LG32.52	Amadeo	LG32.52	Amadeo	LG32.52
Jours depuis le semis	103 / 122	103 / 122	136 / 142	136 / 142	157 / 175	157 / 175
Matière sèche (MS) %	20 / 24	21 / 24	27 / 31	28 / 30	42 / 41	- / 40
Matière organique (MO)	956 / 962	955 / 957	961 / 966	953 / 961	969 / 971	- / 967
Matière azotée (MA)	84 / 72	88 / 78	75 / 68	81 / 69	76 / 75	- / 64
Cellulose brute (CB)	245 / 194	252 / 213	203 / 161	234 / 187	177 / 144	- / 171
Lignocellulose (ADF)	284 / 220	295 / 235	237 / 193	269 / 223	202 / 167	- / 205
Parois (NDF)	488 / 411	497 / 442	433 / 355	469 / 400	449 / 343	- / 360
Amidon	100 / 207	69 / 169	286 / 349	202 / 268	389 / 419	- / 362
Sucres*	206 / 188	216 / 183	117 / -	133 / -	62 / -	- / -
Acides aminés totaux	73 / 66	71 / 71	66 / 62	72 / 63	66 / 70	- / 58
Lysine	3,6 / 2,2	3,3 / 2,5	2,5 / 2,5	2,8 / 2,7	2,2 / 2,4	- / 2,1
Méthionine	1,5 / 1,4	1,5 / 1,5	1,2 / 1,2	1,4 / 1,3	1,2 / 1,3	- / 1,2
Cystine	0,8 / 0,9	0,8 / 0,9	1,0 / 1,1	1,0 / 1,0	1,2 / 1,3	- / 1,2
Matière grasse	Nov-15	13 / 14	23 / 23	17 / 21	27 / 23	- / 20
Ac. palmitique (C16)	2,5 / 2,3	2,5 / 2,3	- / 2,9	- / 2,8	- / 2,6	- / 2,3
Ac. oléique (C18:1)	1,6 / 2,7	1,4 / 2,7	- / 4,9	- / 4,9	- / 4,9	- / 5,0
Ac. linoléique (C18:2)	3,9 / 6,5	3,6 / 5,5	- / 11,4	- / 9,6	- / 12,8	- / 10,3
Ac. linoléique (C18:3)	3,4 / 2,0	3,4 / 2,3	- / 1,6	- / 2,1	- / 0,7	- / 0,7
Calcium (Ca)	1,8 / 2,1	2,0 / 2,6	1,7 / 2,0	2,2 / 2,5	1,4 / 1,7	- / 1,9
Phosphore (P)	2,3 / 2,3	2,5 / 2,4	2,2 / 2,4	2,3 / 2,3	2,3 / 2,8	- / 2,9

\*Teneur en sucres 2010 dans les ensilages non disponible.

Les teneurs des autres nutriments des deux variétés étaient similaires au cours des deux années.

Les teneurs en sucres déterminées par spectrométrie dans le proche infrarouge (NIRS calibré sur méthode sucres solubles à l'éthanol) régressent fortement dans les ensilages, les fermentations transformant le sucre en acides gras volatils. Les teneurs en sucre du maïs ensilé étaient inférieures à celles du maïs à la récolte de 80 % au stade laiteux, de 70 % au stade pâteux-mou et de 40 % au stade pâteux-dur.

La teneur en lipides a augmenté avec la maturité de l'épi, puisque c'est dans cet organe que se retrouve la majorité des graisses (80 %). Sur le matériel frais, du stade laiteux au stade pâteux-dur, la matière grasse a augmenté de 70 % (de 13,3 g à 22,6 g/kg MS), l'acide oléique (C18:1) de 138 % (de 2,1 à 5,0 g/kg MS), l'acide linoléique (C18:2) de 137 % (de 4,9 à 11,6g/kg MS). L'acide palmitique (C16) a maintenu sa teneur à 2,4 g/kg MS. Par contre, l'acide linoléique (C18:3) a fortement diminué (75 %), passant de 2,8 à 0,7 g/kg MS.

### Digestibilité *in vivo*

Le stade est le facteur qui différencie le plus la digestibilité de la matière organique (tabl. 4). Avec l'avancement de la maturité des plantes et l'accroissement de la part en épis, la digestibilité augmente. Les digestibilités du stade laiteux étaient inférieures à celles des deux stades pâteux (dMO  $p < 0,01$ , dMA  $p < 0,05$  et dNDF  $p < 0,01$ ).

Les deux variétés obtiennent globalement des digestibilités similaires avec des dMO de 73,4 % pour Amadeo vs 73,2 pour LG32.52 ( $p > 0,1$ ), des dMA de 51,3 % pour Amadeo et 51,4 % pour LG32.52 ( $p > 0,1$ ), des dNDF de 66,3 % pour Amadeo et 65,7 % pour LG32.52 ( $p > 0,1$ ).

### Dégradabilité *in sacco*

C'est au stade pâteux-dur que la deMA était la plus faible, avec 10 points de moins que celle des deux autres stades plus précoces ( $p < 0,01$ , tabl. 4). Les deux variétés ne se distinguent pas par rapport à la deMA ( $p = 0,4$ ). ➤

**Tableau 3 | Composition chimique des ensilages (teneurs 2008/2010 en g/kg de MS)**

Variétés	laiteux		pâteux-mou		pâteux-dur	
	Amadeo	LG32.52	Amadeo	LG32.52	Amadeo	LG32.52
Jours depuis le semis	103 / 122	103 / 122	136 / 142	136 / 142	157 / 175	157 / 175
Matière sèche (MS) g/kg	21 / 24	23 / 24	29 / 33	30 / 30	44 / 40	- / 39
Matière organique (MO)	955 / 957	960 / 956	961 / 966	958 / 960	961 / 968	- / 964
Matière azotée (MA)	77 / 80	81 / 80	76 / 74	86 / 74	78 / 80	- / 68
Cellulose brute (CB)	290 / 229	251 / 256	233 / 193	225 / 224	234 / 178	- / 203
Lignocellulose (ADF)	338 / 250	289 / 284	258 / 223	250 / 256	272 / 205	- / 231
Parois (NDF)	564 / 459	502 / 494	437 / 467	448 / 472	461 / 404	- / 449
Amidon	106 / 235	73 / 169	306 / 359	216 / 307	416 / 421	- / 398
Sucres	- / 34	- / 36	- / 37	- / 44	- / 35	- / 39
Acides aminés totaux	- / 67	- / 65	- / 64	- / 62	- / 72	- / 59
Lysine	- / 2,9	- / 3,1	- / 2,3	- / 2,4	- / 2,0	- / 1,9
Méthionine	- / 1,4	- / 1,4	- / 1,3	- / 1,3	- / 1,3	- / 1,2
Cystine	- / 0,9	- / 0,8	- / 1,1	- / 1,0	- / 1,3	- / 1,1
Matière grasse	Dez-21	13 / 15	24 / 29	18 / 25	28 / 31	- / 27
Ac. palmitique (C16)	- / 3,0	- / 3,1	- / 4,0	- / 3,4	- / 3,5	- / 3,1
Ac. oléique (C18:1)	- / 2,8	- / 2,6	- / 5,9	- / 5,4	- / 5,9	- / 5,8
Ac. linoléique (C18:2)	- / 7,7	- / 6,4	- / 14,9	- / 11,7	- / 14,6	- / 11,7
Ac. linoléique (C18:3)	- / 2,7	- / 2,9	- / 1,9	- / 2,2	- / 1,0	- / 0,8
Calcium (Ca)	2,0 / 2,3	2,1 / 2,8	1,6 / 2,0	2,1 / 2,7	1,7 / 2,4	- / 2,4
Phosphore (P)	2,6 / 2,4	2,5 / 2,2	1,9 / 2,4	2,6 / 2,1	2,4 / 2,3	- / 2,3

### Digestibilité et dégradabilité déterminées vs estimées

Par rapport aux coefficients déterminés *in vivo*, les dMO calculées par équations étaient sous-estimées ( $-3,5 \pm 3,7\%$ ), les dMA surestimées ( $9,3 \pm 9,6\%$ ). Aux maturités pâteuses, l'approche de la dMO par l'équation avec la cellulose brute (CB) était un peu meilleure que celle par ADF-NDF. Les valeurs des tables offrent des dMO souvent plus proches des valeurs *in vivo* que celles calculées par équation à partir d'analyses d'échantillons susceptibles de varier fortement. Les digestibilités des constituants pariétaux (CB, NDF et ADF) peuvent varier d'une année à l'autre pour la même variété au même stade. Ces digestibilités se situent dans les valeurs 45 à 75 % citées dans la littérature (Andrieu et Baumont 2000; Barrière et Emile 2000; Daccord *et al.* 1996; Herter *et al.* 1996).

La deMA de 72 % donnée dans le LV (tirée de De Boever *et al.* 2002) était sous-estimée aux deux premiers stades de respectivement 5,8 % et 7,5 %, alors qu'au stade pâteux-dur elle était surestimée de 8,3 %.

On ne peut pas prétendre que ces différences soient spécifiques à un stade, à une variété ou à une année, mais elles sont la conséquence des teneurs hétérogènes dont elles sont issues.

### Valeurs nutritives

Les valeurs nutritives énergétiques NEL (énergie nette pour la production laitière), NEV (énergie nette pour la production de viande) azotées PAIE (protéines absorbables dans l'intestin synthétisée à partir de l'énergie disponible) et PAIN (protéines absorbables dans l'intestin synthétisée à partir de l'azote disponible) sont calculées sur la base des teneurs en nutriments (MA, CB ou NDF et ADF, cendres), de la digestibilité (dMO et dMA) et de la dégradabilité de la MA (deMA). Dès lors, l'estimation des dMO, dMA et deMA a une incidence sur les résultats. Les valeurs nutritives calculées à partir des coefficients déterminés expérimentalement ou estimés par les équations de prédiction (tabl. 5) montrent des différences de +2 % à -14,6 % pour les NEL et de +9 % à -16,6 % pour les PAIE. Ces différences ne sont dues ni à la variété ni au stade, elles sont la conséquence de teneurs hétérogènes associées à des facteurs issus d'estimations.

### Potentiel d'amélioration de l'estimation

En prenant en compte les 124 maïs étudiés à Agroscope avec 534 valeurs individuelles, on peut envisager une

**Tableau 4 | Digestibilités et dégradabilités déterminées et estimées des ensilages (2008/2010)**

Variétés	laiteux		pâteux-mou		pâteux-dur	
	Amadeo	LG32.52	Amadeo	LG32.52	Amadeo	LG32.52
dMO <sub>in vivo</sub>	64,1/71,9	71,1/69,2	71,9/77,9	73,3/76,6	77,9/76,8	- /75,8
dMO <sub>estimée</sub> Van Soest <sup>1</sup>	65,1/70,3	68,1/68,3	69,0/72,0	70,5/69,6	68,6/72,8	- /70,7
différence dMO en %	1,6 / -2,2	-4,2 / -1,3	-4,0 / -7,6	-3,8 / -9,1	-11,9/-5,2	- / -6,7
dMO <sub>estimée</sub> CB <sup>2</sup>	66,8/70,7	69,4/69,1	70,3/72,6	71,4/70,7	70,3/73,9	- / 71,6
différence dMO en %	4,2 / -1,7	-2,4 / -0,1	-2,2 / -6,8	-2,6 / -7,7	-9,8 / -3,8	- / -5,5
dMO <sub>bsd3</sub>	71,1	71,1	72,5	72,5	74,0	72,6
différence dMO en %	10,9/-1,1	0,0/2,8	0,8/-6,9	-1,1/-5,4	-5,0 / -3,7	- / -4,2
dMA <sub>in vivo</sub>	42,3/50,0	52,5/48,4	47,1/55,0	55,9/52,1	57,1/56,2	- /47,9
dMA <sub>estimée</sub> <sup>4</sup>	55,7/56,4	56,4/56,4	55,4/54,6	57,8/54,8	55,9/56,2	- /53,2
différence dMA en %	31,8/12,7	7,5/16,5	17,5/-0,7	3,3/5,2	-2,2/-0,1	- /11,1
dMA <sub>bsd</sub>	59,0	59,0	57,1	57,1	55,9	55,6
deMA <sub>in sacco</sub>	- /80,5	- /72,4	- /78,6	- /76,9	- /65,3	- /67,7
deMA <sub>LV</sub> <sup>5</sup>	72,0	72,0	72,0	72,0	72,0	72,0
différence de MA en %	- /-10,6	- /-0,6	- /-8,4	- /-6,4	- /10,3	- /6,4
dCB	60,4/67,4	62,8/64,3	63,4/70,3	61,3/70,5	75,0/65,9	- /68,7
dADF	59,1/61,9	59,9/62,0	60,1/66,9	58,5/68,1	72,7/61,4	- /63,3
dNDF	59,2/64	63,0/62,1	62,8/72,4	63,9/71,1	73,5/66,2	- /68,1

<sup>1</sup>dMO = 75,7 + 0,0701 x MA<sub>MO</sub> + 0,0156 x NDF<sub>MO</sub> + 0,0720 x ADF<sub>MO</sub>.

<sup>2</sup>dMO = 79,4 + 0,0652 MA<sub>MO</sub> - 0,0591 CB<sub>MO</sub>.

<sup>3</sup>dMO<sub>bsd</sub>: d<sub>MO</sub> banque suisse de données des aliments pour animaux.

<sup>4</sup>dMALV: issue de MAD = MA(0,33+0,0033MA<sub>MO</sub>-0,0000061MA<sub>MO</sub>).

<sup>5</sup>deMA ensilage de maïs = 72 % selon livre vert (ALP 2011).

amélioration par l'estimation de la matière organique digestible comme suit (fig. 4):

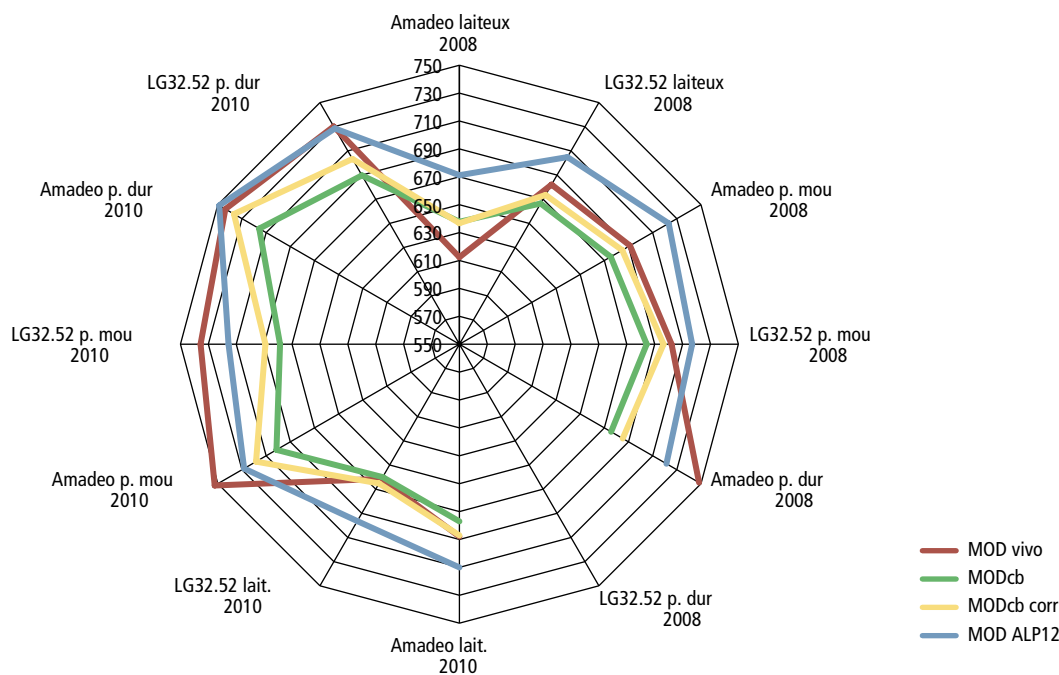
- soit en corrigeant la MOD calculée avec la dMO estimée par l'équation avec CB (INRA, équation établie sur des maïs cultivés en France R<sup>2</sup> 0,40) MOD<sub>corrigée</sub> = 1,2812 x MOD<sub>estimée</sub> -180,35 (R<sup>2</sup> 0,69)
- soit par une nouvelle équation basée sur nos déterminations (ALP12), mais qui implique l'analyse des constituants pariétaux selon Van Soest ( ADF, NDF; R2 0,77 teneurs des nutriments en g/kg MS):

$$\text{MOD}_{\text{ALP12}} = -1016,7 + (\text{MO} \times 1,8) + (\text{MA} \times \text{ENA}) / 1000 \times 1,106] + [(\text{MA}_{\text{MO}} \times \text{HEM}_{\text{MO}}) / 1000 \times -3,01] + [(\text{CB}_{\text{MO}} \times \text{NDF}_{\text{MO}}) / 1000 \times -0,0013] + 10,3 \text{ si maïs PE ou } -10,3 \text{ si autre que maïs PE.}$$

En comparant les trois MOD estimées avec la MOD déterminée sur l'ensemble des 534 valeurs, la MOD estimée par la CB obtient un taux d'approche (la plus petite différence avec la MOD<sub>vivo</sub> par rapport aux autres estimations) de 27 %, la MOD<sub>corrigée</sub> de 31 % et la MOD<sub>ALP12</sub> de 42 %.

**Tableau 5 | Valeurs nutritives des ensilages calculées avec la dMO et la deMA déterminées ou estimées (2008 / 2010)**

	NEI <sub>déter.</sub> MJ/kgMS	NEI <sub>estimé</sub> MJ/kgMS	diff. %	PAIE <sub>déter.</sub> g/kg MS	PAIE <sub>estimé</sub> g/kg MS	diff. %
Amadeo laiteux	5,4 / 6,2	5,5 / 6,1	2,0 / -2,7	62,0 / 62,4	67,6 / 65,8	9,0 / 5,4
LG32.52 laiteux	6,2 / 5,9	5,9 / 5,8	-5,1 / -1,7	71,5 / 66,9	69,1 / 66,3	-3,4 / -0,9
Amadeo pâteux-mou	6,3 / 6,9	6,0 / 6,3	-4,9 / -9,2	61,4 / 65,2	62,4 / 63,4	1,6 / -2,8
LG32.52 pâteux-mou	6,4 / 6,8	6,1 / 6,0	-4,6 / -11,1	68,3 / 66,0	68,8 / 62,3	0,8 / -5,6
Amadeo pâteux-dur	6,9 / 6,8	5,9 / 6,4	-14,6 / -6,5	72,7 / 71,9	60,7 / 64,5	-16,6 / -10,3
LG32.52 pâteux-dur	- / 6,7	- / 6,1	- / -8,2	- / 67,3	- / 60,7	- / -9,8



MODvivo = MO x dMO déterminée in vivo  
 MODcb = MO x dMO estimée par CB LV11  
 MODcb corr = 1,2812 x MODcb - 180,35  
 MODALP12 = MOD estimée avec nouvelle équation ALP12

Figure 4 | Matière organique digestible déterminée et estimée, en g/kg de MS.

## Conclusions

- L'hétérogénéité des teneurs rencontrées pour des mêmes variétés rend l'estimation de la valeur nutritive du maïs délicate par le fait que le fourrage s'éloigne plus ou moins du modèle.
- Les valeurs nutritives des ensilages de maïs de la banque suisse de données des aliments pour animaux offrent, à défaut d'analyses, une bonne approche pour des conditions de culture normales.
- Une correction de la MOD<sub>estimée</sub> et une nouvelle équation de prédiction de la MOD basées sur nos essais permettent de se rapprocher des valeurs déterminées expérimentalement.
- Ramenée aux 46 800 ha de maïs produits en Suisse, la précision de l'estimation de la valeur nutritive a un impact financier important.
- Les valeurs prédites restent toujours des valeurs approximatives et doivent être utilisées en connaissance de cause, les plans d'alimentation devant être adaptés en fonction de la réponse des animaux. ■

## Riassunto

### Stima del valore nutritivo dell'insilato di maïs

Per completare delle prove precedentemente svolte e poter verificare e migliorare le previsioni del loro valore nutritivo, sono stati analizzati 12 insilati di maïs. Durante due anni sono state raccolte e insilate due varietà (Amadeo e LG32,52) allo stadio lattiginoso, pastoso precoce e pastoso tardivo. È stata determinata la digeribilità della sostanza organica (DSO) in vivo su ovini e la degradazione della proteina grezza (dPG) in sacco su vacche fistolate. Si sono rilevate differenze nella composizione chimica che dipendono più dalle annate, che dalle varietà. La DSO aumentava proporzionalmente allo stadio di maturazione. La digeribilità allo stadio di maturazione lattea ( $p < 0,01$ ) si differenziava dalla digeribilità dei 2 stadi pastosi (69,1 % vs. 74,9 % e 76,8 %), senza poter verificare una differenza varietale. A differenza della DSO la dPG diminuisce con l'aumento della maturità ( $p < 0,01$ ), mostrando una percentuale del 66,5 % allo stadio pastoso tardivo (76,5 % maturazione lattea e 77,8 % maturazione pastoso precoce). La dPG delle due varietà era simile ( $p = 0,4$ ). Lo scarto tra i valori nutrizionali calcolati attraverso coefficienti dedotti da una prova animale o in base a stime dedotte da equazione variavano da +2 % a -14,6 % per i NEL e da +9 % a -16,6 % per i PAIE. Tali differenze non dipendono né dalla varietà, né dallo stadio di maturazione. Per ridurre gli scarti residuali si propone una nuova equazione per SOD e una correzione dell'equazione della SOD attuale. I valori di stima previsionali rimangono approssimativi e sono da applicare con cautela.

### Bibliographie

- Andrieu J., 1995. Prédiction de la digestibilité et de la valeur énergétique du maïs fourrage à l'état frais; *INRA Prod. Anim.* **8** (4), 273–274.
- Arrigo Y. et al., 2006. Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive des aliments pour les ruminants. Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP-Haras, édition en ligne actualisée 2011. Accès: <http://www.agroscope.admin.ch/futtermitteldatenbank/04834/index.html?lang=fr> [30 juin 2012]
- Barrière Y. & Emile J.-C., 2000. Le maïs fourrage: Evaluation et perspectives de progrès génétiques sur les caractères de valeur alimentaire. *Fourrage* **163**, 221–238.
- Carpentier B. & Gabon G., 2011. Le maïs fourrage: Elaboration du rendement et de la qualité, récolte et conservation, 55-70. Actes des journées de l'AFPF, 30-31 mars 2011 – Paris. Editions, RD 10, F – 78026 Versailles cedex; <http://www.afpf-asso.org>.
- Daccord R., Arrigo Y. & Vogel R., 1996. Valeur nutritive de l'ensilage de maïs, *Revue suisse Agric.* **28** (1) 17–21.

## Summary

### Estimate of the nutritive value of maize silage

In order to check and improve the prediction of their nutritive value, 12 maize silages were studied as a supplement to the previous trials. Two varieties (Amadeo and LG32,52) were harvested at three different stages over the course of two years. The silages were studied to determine organic-matter digestibility (OMD) in the case of sheep, and nitrogen degradability (ND) in the case of fistulated cows. The chemical compositions differed more between years than between varieties. The OMDs of the plants increased with maturity, with the milky stage differing ( $p < 0,01$ ) from the two wax-ripe stages (69,1 % vs. 74,9 % and 76,8 %), without distinction between the two varieties, whilst the ND decreased. In the hard-dough stage, the coefficient was lower (66,5 %,  $p < 0,01$ ) than that of the other stages (76,5 % for the milky and 77,8 % for the soft-dough stage, respectively). The ND of the two varieties was similar ( $p = 0,4$ ). The differences between the nutritive values calculated from coefficients determined or estimated by equations varied from + 2 % to - 14,6 % for the NELs and from + 9 % to -16,6 % for the PAIEs. A new equation for OMD and a correction of the estimated OMD are proposed in order to reduce the residual standard deviations. The predicted values will remain approximative values which must be used with great care.

**Key words:** corn silage, nutritive value, digestibility, degradability.

- De Boever J. L., Vanacker J. M. & De Brabander D. L., 2002. Rumen degradation characteristics of nutrients in maize silages and evaluation of laboratory measurements and NIRS as predictors. *Animal Feed Science and Technology* **101**, 73–86.
- Dohme F., Graf C. M., Arrigo Y., Wyss U. & Kreuzer M., 2007. Effect of botanical characteristics, growth stage and method of conservation on factors related to the physical structure of forage – An attempt toward a better understanding of the effectiveness of fiber in ruminants, *Feed Science and Technology* **138**, 205–227.
- Herter U., Arnold A., Schubiger F. & Menzi M., 1996. Verdaulichkeit, das wichtigste Qualitätsmerkmal bei Silomais, *Agrarforschung* **3** (11–12), 535–538.
- OFS, 2011. Office fédéral de la statistique. Accès: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/07/03/blank/data/01/02.html>
- Schubiger F. X., Lehmann J., Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B. & Scephovic J., 2001. Valeur nutritive des plantes de prairies. 5 | Digestibilité de la matière organique. *Revue suisse Agric.* **33** (6), 275–279.