

J. ANDRIEU

INRA Station de Recherches
sur la Nutrition des Herbivores
Theix 63122 St-Genès-Champanelle

La digestibilité de la matière organique (DMO) du maïs plante entière en vert et, par là, sa valeur énergétique, est sans doute moins variable que celle des autres fourrages mais peut cependant varier de façon non négligeable. C'est ainsi qu'elle a été en moyenne de 71,7 % et a varié de 67 à 78 % pour les 226 échantillons (autres que ceux portant le gène *bm3*) étudiés par le « Club Digestibilité » en 1987 et 1988 (Andrieu *et al* 1993). Ces variations sont dues au stade de maturité à la récolte, à la variété, à l'année et au lieu de culture. Les différences éventuelles entre variétés, pour un lieu et une année données, ne se retrouvent pas forcément cette même année dans un autre lieu, ni l'année suivante dans le même lieu. Il peut donc être intéressant de pouvoir prévoir au laboratoire la digestibilité du maïs en vert tout en sachant que les valeurs obtenues sont directement transposables au même maïs après ensilage. En effet, les différences de valeur UF entre le maïs en vert et le maïs ensilé sont en théorie inférieures à 0,01 UFL ou UFV et peuvent donc être négligées.

Suite aux travaux du « Club Digestibilité », un document intitulé « Mieux calculer la valeur énergétique du maïs ensilage » avait été largement diffusé en 1991. Il y figurait 4 équations permettant de prévoir la DMO du maïs plante entière. L'application de ces équations posait cependant des problèmes essentiels :

Tableau 1. Méthodes de références.

Cendres	MM	incinération 550 °C
MAT	MAT	Kjeldahl ($N \times 6,25$)
Amidon	AMI	Ewers (1910)
Cellulose brute	CB	Weende
NDF	NDF	Méthode Van Soest (1967) : - adaptée par Giger (1979)
ADF	ADF	- avec correction cendres seulement sur ADL
ADL	ADL	
Digestibilité enzymatique (MS %)	DCS	Méthode 0,1 N Aufrère (1983)
Digestibilité in vivo	DMO	6 moutons en quantité limitée (niveau d'alimentation = 1,2)
UFL, UFV		Systèmes INRA 1988 ⁽¹⁾

(1) Les UF ont été calculées selon la démarche analytique proposée dans le bulletin du BIPEA n° 244.

Prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique du maïs fourrage à l'état frais

– les résultats du Club avaient mis en évidence des différences importantes entre années ;

– la DMO prévue était systématiquement un peu différente suivant que l'équation retenue faisait uniquement appel à des critères chimiques ou comprenait aussi la digestibilité cellulase (DCS) selon la méthode de Aufrère *et al* (1983). Cela résultait du fait que la DCS avait été déterminée par un laboratoire qui n'utilisait pas les mêmes creusets filtrants que ceux ayant servi à mettre au point la méthode à l'INRA de Theix. Les valeurs de DCS étaient systématiquement un peu supérieures à celles obtenues à l'INRA de Theix et l'équation faisant intervenir la DCS entraînait une sous-estimation de la DMO par les laboratoires d'analyses qui s'étaient « calés », pour la détermination de la DCS, sur les valeurs obtenues à Theix.

– enfin, une fois la DMO prévue, toute une série de calculs était nécessaire pour obtenir la valeur énergétique en UFL et UFV.

La remise à jour des équations que nous proposons ici a donc 3 objectifs principaux :

– rendre plus robustes les équations vis-à-vis de l'effet année en intégrant 34 nouvelles mesures obtenues à l'INRA de Theix en 1992, 1993 et 1994.

– rétablir la cohérence entre la méthode chimique et la méthode enzymatique de J. Aufrère. A cette fin nous avons repris à Theix les mesures de digestibilité à la pepsine cellulase sur l'ensemble des échantillons du « Club Digestibilité » et de l'INRA pour les intégrer dans les nouvelles équations.

– simplifier la prévision des valeurs UF en proposant des équations directes à partir de la composition et de la digestibilité enzymatique.

Nouvelles équations

Au total 254 échantillons ont été utilisés dont 220 sont issus du « Club Digestibilité ». Parmi ces derniers, les maïs *bm3* ont été éliminés. Les méthodes de références ainsi que les abréviations des variables sont données dans le tableau 1. Pour chacune des variables, la valeur moyenne, la plage de variation et l'écart-type sont donnés dans le tableau 2.

Tableau 2. Valeurs moyennes, plages de variation et écarts-types (ET) des 254 échantillons. La composition chimique est exprimée en g/kg de MO (lettre Ø en indice), la digestibilité de la MO et la digestibilité enzymatique de la MS en %, les valeurs UF par 100 kg de MO.

Constituant	Moyenne	Min	Max	ET
MAT _Ø	79	53	106	10
AMI _Ø	254	42	422	81
CB _Ø	219	163	300	24
NDF _Ø	494	403	616	38
ADF _Ø	241	180	324	27
ADL _Ø	26	17	40	4
DCS	67,9	59,0	74,7	2,8
DMO	71,6	66,1	77,6	2,6
UFL _Ø	94,3	84,2	105,9	4,6
UFV _Ø	83,9	72,5	96,9	5,2

Les valeurs minimum et maximum des variables explicatives constituent les bornes d'utilisation des équations. La teneur en matière sèche des 254 échantillons a été en moyenne de 29 % et a varié de 18 à 53 %.

Les variables expliquées (UF) et explicatives (composition chimique) ont été exprimées par rapport à la matière organique (lettre Ø en indice). Les valeurs UFV ont été corrigées pour les interactions digestives conformément aux dispositions prises lors de la réactualisation des systèmes INRA en

1988. Quatre modèles ont été testés avec les variables suivantes :

M1 MAT_Ø, CB_Ø, AMI_Ø
 M2 MAT_Ø, NDF_Ø, ADF_Ø, ADL_Ø
 M3 MAT_Ø, AMI_Ø, DCS
 M4 MAT_Ø, DCS

Les variables explicatives proposées n'ont été retenues dans le modèle que si elles étaient significatives à P = 0,05 (tableau 3). Un exemple d'application est donné au tableau 4.

Conclusion

Les nouvelles équations permettent d'obtenir facilement des valeurs UF comparables quel que soit le modèle. Elles devraient être plus robustes vis-à-vis de l'effet année même si leurs écart-types résiduels sont peu modifiés par rapport aux équations du « Club Digestibilité ». Comme dans le cas des résultats du Club, nous avons observé que la spectrophotométrie dans le proche Infra-rouge permettait d'améliorer la précision par rapport à celle des modèles proposés plus haut.

Tableau 3. Prévision de la digestibilité de la matière organique (DMO en %) et des valeurs UFL et UFV (par 100 kg de MO) à partir de la composition chimique (en g/kg de MO) et de la digestibilité enzymatique de la MS (DCS en %).

							R	RSD
M1	DMO	=	79,4	+	0,0652 MAT _Ø	-	0,0591 CB _Ø	0,634 1,98
M2	DMO	=	75,7	+	0,0701 MAT _Ø	+	0,0156 NDF _Ø	- 0,0720 ADF _Ø 0,643 1,97
M3*	DMO	=	32,5	+	0,0764 MAT _Ø	+	0,0049 AMI _Ø	+ 0,4700 DCS 0,680 1,88
M4	DMO	=	28,5	+	0,0732 MAT _Ø	+	0,5501 DCS	0,668 1,91
M1	UFL _Ø	=	110,15	+	0,1233 MAT _Ø	-	0,1167 CB _Ø	0,683 3,40
M2	UFL _Ø	=	103,95	+	0,1339 MAT _Ø	+	0,0255 NDF _Ø	- 0,1358 ADF _Ø 0,691 3,37
M3*	UFL _Ø	=	20,20	+	0,1462 MAT _Ø	+	0,0109 AMI _Ø	+ 0,8818 DCS 0,724 3,22
M4	UFL _Ø	=	11,38	+	0,1390 MAT _Ø	+	1,0609 DCS	0,707 3,29
M1	UFV _Ø	=	102,49	+	0,1297 MAT _Ø	-	0,1318 CB _Ø	0,678 3,84
M2	UFV _Ø	=	95,50	+	0,1416 MAT _Ø	+	0,0287 NDF _Ø	- 0,1534 ADF _Ø 0,687 3,81
M3*	UFV _Ø	=	0,76	+	0,1555 MAT _Ø	+	0,0123 AMI _Ø	+ 0,9984 DCS 0,720 3,64
M4	UFV _Ø	=	- 9,12	+	0,1475 MAT _Ø	+	1,1992 DCS	0,703 3,72

* L'amélioration de la précision liée à la prise en compte de la teneur en amidon (comparaison entre M3 et M4) étant faible, on pourra s'affranchir de sa détermination et utiliser le modèle M4.

Tableau 4. Exemple d'application à partir des résultats du circuit fourrage n° 261 du BIPEA (Bureau Interprofessionnel d'Etudes Analytiques).

Composition (Références circuit)			Valeurs "vraies"	Estimation à partir des modèles			
	g/kg MS	g/kg MO	Y ⁽¹⁾	M1	M2	M3	M4
MM	50,1	/	DMO	73,7	74,4	73,7	73,2
MO	949,9	/					
MAT	83,4	88	UFL _Ø	98,2	99,8	98,4	97,3
AMI	320,3	337	UFV _Ø	88,2	98,9	88,4	87,2
CB	172,8	182					
NDF	463,6	488	UFLS ⁽³⁾	93,1	94,8	93,5	92,5
ADF	208,2	219	UFVS	83,6	85,4	83,9	82,8
ADL	26,2	28					
DCS	69,5 ⁽²⁾	/					

(1) Valeurs mesurées (DMO) ou calculées (UF) selon les démarches proposées dans le bulletin BIPEA n° 244. Il est à noter que la composition chimique, la digestibilité et le niveau d'alimentation retenus dans ce calcul sont ceux de l'essai INRA.

(2) En %.

(3) Pour 100 kg de MS.

254 in vivo trials on sheep led to prediction models for in vivo organic matter digestibility (DMO) and net energy value of green whole plant maize used for silage. The proposed equations are able to predict DMO with a residual standard deviation from 1.88 to 1.98 point according to used predictors (chemical constituents and (a) pepsin-cellulase digestibility).

Références bibliographiques

Andrieu J., Demarquilly C., Dardenne P., Barrière Y., Lila M., Maupetit P., Rivière F., Femenias N., 1993. Composition and nutritive value of whole maize plants fed fresh to sheep. I. Factors of variation. Ann. Zootech., 42, 221-249.

Aufrère J., Michalet-Doreau B., 1983. In vivo digestibility and prediction of digestibility of some by-products. EEC Seminar, 26-29 September 1983, Mlle Gontrode, Belgique.