

Digestibilité de fourrages en rations mélangées

Yves Arrigo

Agroscope, 1725 Posieux, Suisse

Renseignements: Yves Arrigo, e-mail: yves.arrigo@agroscope.admin.ch



Une fois mélangé à d'autres, la digestibilité d'un fourrage peut varier. (Photo: Yves Arrigo, Agroscope)

Introduction

La digestibilité de la matière organique (dMO) d'un fourrage peut être prédite avec des équations qui se basent sur la composition chimique et des essais réalisés *in vivo* avec les moutons (Daccord 2006). Des méthodes de laboratoire *in vitro* donnent également des résultats intéressants pour prédire la dMO (Aufrère 1982; Pacheco 2018; Schübiger 2001). Prédite ou mesurée *in vivo*, la digestibilité attribue une valeur à un fourrage supposé être distribué en ration pure. Or, dans la majorité des cas, la ration distribuée aux animaux est un mélange de plusieurs fourrages et de concentrés. Pour tenir compte de l'effet de la composition de la ration, le nouveau système français d'unité d'alimentation pour les ruminants (système Systali; Nozière *et al.* 2016) propose une différenciation entre les valeurs des tables qui sont indicatives et les valeurs en ration qui prennent en

considération la balance protéique du rumen, le niveau d'ingestion et la proportion en concentrés. Dans le cadre de nos fourrages usuels, l'influence de la composition de la ration sur la dMO des fourrages qui la constitue a été étudiée *in vivo* avec des moutons au travers de mélanges simples à deux composants. Les résultats permettront de vérifier le principe d'additivité pour calculer la valeur d'une association, et dans un deuxième temps de confronter les valeurs nutritives obtenues à celles issues par les équations de prédiction de la dMO.

Animaux, matériel et méthode

L'essai de digestibilité *in vivo* a été réalisé avec des béliers adultes castrés et rationnés (n4/traitement; 90,5 ± 16,1 kg PV; 0,380 MJ/kg^{0,75} × 1,1 ou au minimum

40 g MS/kg^{0,75}). Les rations atteignaient une teneur en matière azotée minimale de 110 g/kg MS, assurée par un apport de tourteau de soja.

Les animaux ont été habitués à leur régime alimentaire trois semaines avant la phase de bilan (2 × 4 jours, lors desquels les fèces sont quantifiées et échantillonnées pour chaque animal).

Les fourrages utilisés étaient un lot d'herbe, trois lots de foin et un regain, deux ensilages d'herbe et deux de maïs. L'herbe a été conditionnée au moyen d'un séchoir expérimental, passant de 22 ± 4 % de matière sèche à 86 ± 8 % en 48 h sans contraintes mécaniques. Excepté l'eau, toutes ses caractéristiques restent disponibles.

Les foin et regains utilisés ont été produits selon les techniques conventionnelles et séchés en grange. Les ensilages d'herbe et de maïs ont été conservés sans agents d'ensilage. Les animaux ont reçu les fourrages soit en rations pures 100 %, soit mélangés avec un autre à raison de 20–80 %, 50–50 % ou 80–20 % de la matière sèche de la ration.

Les mélanges suivants ont été réalisés :

- Mélange 1** Foin lot 42, récolte 2014, type GR*, stade 3
Ensilage d'herbe S2, récolte 2014, 1^{er} cycle, type GR*, stade 3
- Mélange 2** Ensilage d'herbe S3, récolte 5.05.2014, 1^{er} cycle, type GR*, stade 3
Ensilage de maïs S41, récolte 2.10.2014, variété Milésim
- Mélange 3** Foin lot 57, récolte 12.05.2015, type E*, stade 3
Herbe 1c, récolte au 1^{er} cycle 12.05.2015, type GR, stade 3
- Mélange 4** Herbe 3c, récolte au 3^e cycle 9.07.2015, type L*, stade 4
Regain 3c lot 70, récolte au 3^e cycle 9.07.2015, type L*, stade 4
- Mélange 5** Foin lot 58, récolte 12.05.2015, type GR*, stade 3
Regain 3c lot 70, récolte au 3^e cycle 9.07.2015, type L*, stade 4
- Mélange 6** Foin lot 58, récolte 12.05.2015, type GR*, stade 3
Ensilage de maïs S40, récolte 7.09.2015, variété Milésim

* Type botanique et stade selon typologie ADCF, GR riche en graminées > 70 % de graminées dont > 50 % en ray-grass; L riche en légumineuses > 50 % trèfle blanc et violet; E équilibré entre 50–70 % de graminées.

Résumé

La digestibilité de la matière organique (dMO) d'un fourrage, qu'elle soit prédite par modélisation, par méthode *in vitro* ou obtenue par essai *in vivo*, est une valeur du fourrage considéré seul. Or, dans la majorité des cas, la ration distribuée aux animaux est un mélange de fourrages et de concentrés. Cette essai étudie l'évolution de la dMO, obtenue *in vivo* avec des béliers, de différents fourrages (herbe, ensilage d'herbe, foin, regain et ensilage de maïs) distribués en différentes proportions (100–0, 80–20, 50–50, 20–80, 0–100%) en associations de deux composants. La dMO des fourrages a évolué (sans différence statistique significative) en fonction des parts dans le mélange et du fourrage associé. L'écart de dMO moyen des mélanges était de 2,7 ± 1,1 points %. Les plus grandes différences de dMO (4,3 points %) ont été relevées pour le foin mélangé à du regain ou associé à de l'ensilage de maïs. Dans 42 % des cas, la dMO la plus élevée a été relevée lorsque la part du fourrage dans le mélange était de 80 %. La dMO des associations, obtenue par additivité des dMO *in vivo* des composants, est légèrement sous-estimée (r=0,92). En considérant des dMO prédites des fourrages, les dMO des associations s'éloignent d'avantage des valeurs *in vivo* (r=0,56). L'essai montre que chaque fourrage interagit différemment dans les associations et ses parts dans le mélange.

L'herbe 1c et le foin lot 58, respectivement l'herbe 3c et le regain 3c, ont été fauchés en même temps et provenaient de la même parcelle.

La digestibilité a été déterminée *in vivo* pour toutes les rations pures et mélangées. À partir des rations mélangées, les digestibilités des deux fourrages ont été calculées par différence pour en suivre l'évolution en fonction de leur taux d'incorporation.

La dMO par différence d'un fourrage a été calculée par déduction de la matière organique digestible du fourrage associé utilisant la digestibilité déterminée en ration pure, selon la formule ci-dessous.

$$dMO_{\text{fourrage 1}} = 100 \times \frac{(MO_{\text{ingérée}} - MO_{\text{fèces}}) - MOD_{\text{t,soja}} - MOD_{\text{fourrage 2}}}{MO_{\text{ingérée}} - MO_{\text{t,soja}} - MO_{\text{fourrage 2}}}$$

Tableau 1 | Composition chimique des fourrages (g/kg MS).

	Herbe 1c (P3)	Herbe 3c (P3)	Ens. herbe (S2)	Ens. herbe (S3)	Foin lot 42	Foin lot 57	Foin lot 58 (P3)	Regain 3c (P3)	Ens. maïs (S40)	Ens. maïs (S41)
Matière sèche, en %	17,2	24,1	35,7	34,0	87,3	84,9	85,3	85,6	36,9	32,7
Matière azotée	130	147	124	120	78	128	124	129	84	64
Cellulose brute	284	238	259	277	262	253	262	264	170	215
Cendres	85	97	86	81	59	89	81	92	29	29
Lignocellulose, ADF	298	263	282	265	289	271	289	286	205	232
Parois, NDF	515	429	473	437	491	486	515	466	378	408
Calcium	5,5	11,1	5,4	5,0	2,7	4,6	4,1	9,0	1,6	1,0
Phosphore	3,7	3,8	3,6	3,4	2,7	3,6	3,9	3,6	2,1	2,2
Magnésium	1,5	2,3	1,5	1,3	1,1	1,4	1,3	2,0	1,6	0,8
Potasse	31,1	30,9	33,3	28,2	24,9	31,7	33,3	32,4	7,4	8,7
Énergie brute, en MJ	18,2	18,9	19,0	19,3	18,3	18,4	18,6	18,8	19,3	19,1
Sucres hydrosolubles	107	80	85	131	202	136	–	85	–	18
Sucres solubles à l'éthanol	116	47	85	80	139	120	–	67	–	8
Amidon	–	–	–	–	–	–	–	–	353	353
Matière grasse	30	35	33	28	17	32	26	35	41	33
Alanine	7,7	8,2	8,8	8,2	4,7	7,5	6,9	7,3	6,5	5,1
Arginine	5,3	7,1	2,4	1,8	3,3	5,7	5,4	6,3	1,6	1,1
Asparatine	15,3	15,3	10,6	9,3	7,1	12,3	13,2	13,7	5,8	4,7
Cystine	1,2	1,5	0,7	0,7	0,8	1,3	1,3	1,4	1,0	0,8
Ac. glutaminique	12,4	13,9	8,9	6,3	7,5	12,7	12,0	12,4	11,7	7,2
Glycine	5,6	7,1	5,8	4,7	3,5	5,9	5,4	6,4	3,3	2,6
Histidine	2,4	3,4	2,1	1,7	1,3	2,3	2,7	3,0	1,9	1,3
Isoleucine	5,0	6,1	5,4	4,9	3,0	5,2	4,6	5,4	3,2	2,4
Leucine	8,6	10,7	9,0	8,0	5,2	9,0	8,4	9,6	8,8	6,5
Lysine	5,7	7,7	6,5	4,9	3,6	6,0	5,0	6,8	2,5	1,9
Méthionine	2,0	2,3	2,0	1,8	1,2	2,1	1,8	2,1	1,4	1,2
Phénylalanine	5,7	7,2	5,6	4,6	3,3	5,8	5,5	6,3	3,5	2,5
Proline	14,2	9,6	17,4	13,4	10,0	12,3	11,0	9,0	6,2	9,2
Sérine	4,7	5,8	4,7	3,2	3,1	4,8	4,2	5,0	3,5	2,4
Thréonine	5,0	6,1	5,2	4,1	3,1	5,2	4,7	5,5	3,1	2,3
Tryptophane	1,9	2,6	2,0	1,2	1,2	2,0	2,0	2,2	0,6	0,4
Tyrosine	3,5	4,8	3,6	3,0	1,8	3,5	3,3	4,1	3,3	1,3
Valine	6,5	7,6	6,9	6,1	3,9	6,6	6,0	6,8	4,1	3,2
C18:1 (ac. oléique)	0,5	0,8	0,6	0,6	0,4	0,7	0,5	0,7	10,1	8,0
C18:2 (ac. linoléique)	3,2	4,6	4,0	3,4	2,0	4,5	3,0	4,0	18,9	17,3
C18:3 (ac. a-linolénique)	11,1	10,2	12,6	11,9	5,7	10,9	10,4	9,1	2,1	2,0

1c: 1^{er} cycle; 3c: 3^e cycle; (P3): parcelle 3; (S2-3-40-41): référence du silo.

La dMO obtenue par différence des fourrages ne comprenant que 20% d'un mélange n'a pas été prise en compte dans les comparaisons, le fourrage à considérer étant trop minoritaire dans la ration et n'offrant pas une dMO représentative (Rymer 2000).

À partir des teneurs en nutriments des fourrages, les dMO et DMA ont été prédites avec les équations spécifiques (type de conserve et de fourrage) et les corrections pour cycles et stades du Livre Vert 2017 (Agroscope 2017). Les valeurs nutritives des mélanges ont été calculées par additivité à partir des valeurs observées ou prédites des fourrages.

Résultats

Les compositions chimiques des fourrages sont données dans le tableau 1. À noter, les teneurs des repousses (herbe 3c et regain 3c) inférieures en sucres hydrosolubles (WSC) et en sucres solubles à l'éthanol (ESC), qui étaient resp. 1,6 et 2,2 fois plus faibles que dans les fourrages du 1^{er} cycle (herbe 1c et foin).

Le foin lot 42 accusait des teneurs en matière azotée (MA) et matière grasse (MG) inférieures resp. de 40 et de 50 % par rapport aux autres herbages. Les ensilages de maïs se distinguent des herbages au niveau des minéraux, de la matière azotée, des acides aminés, de la matière grasse et des acides gras.

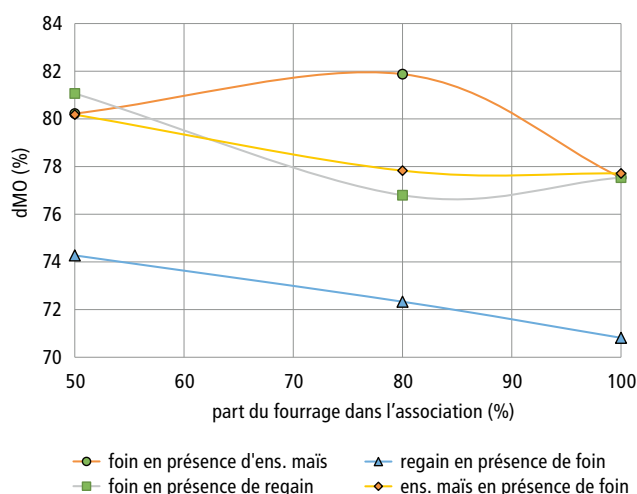


Figure 1 | Evolution de la digestibilité *in vivo* de la matière organique (dMO) d'un fourrage en association.

Digestibilités *in vivo* des fourrages en rations pures

Les digestibilités *in vivo* des herbages se sont distinguées par rapport aux cycles (tabl. 2). Comparées aux teneurs des premières pousses, les repousses ont à nouveau montré des valeurs significativement inférieures quant à la dMO, la digestibilité de la cellulose brute (dCB), de la lignocellulose (dADF) et des parois (dNDF) ($p < 0,01$ – $p < 0,001$).

Tableau 2 | Digestibilités des fourrages distribués en rations pures (en %).

	dMO	dMA	dCB	dADF	dNDF	dEB
Herbe 1c	79,0 ^a	69,8 ^a	80,0 ^a	80,1 ^a	78,5 ^a	74,8 ^a
Herbe 3c	70,9 ^c	66,6 ^{ac}	67,8 ^b	65,7 ^b	66,3 ^b	67,0 ^b
Ensilage herbe S2	78,3 ^a	61,1 ^{acde}	84,6 ^a	83,1 ^a	80,5 ^a	74,3 ^a
Ensilage herbe S3	76,9 ^a	56,1 ^{bd}	84,9 ^a	81,7 ^a	78,1 ^a	74,0 ^a
Foin lot 42	79,6 ^a	54,6 ^e	81,0 ^a	80,8 ^a	77,8 ^a	75,8 ^a
Foin lot 57	76,6 ^{ac}	65,4 ^{ac}	81,5 ^a	81,3 ^a	78,6 ^a	71,5 ^{ab}
Foin lot 58	77,5 ^a	63,9 ^{acde}	81,6 ^a	81,4 ^a	80,2 ^a	73,6 ^{ab}
Regain 3c lot 70	70,8 ^{bc}	64,2 ^{cd}	68,2 ^b	66,4 ^b	66,1 ^b	66,9 ^b
Ensilage maïs S40	77,7 ^a	59,7 ^c	71,5 ^b	68,0 ^b	66,6 ^b	74,4 ^a
Ensilage maïs S41	76,1 ^{abc}	49,2 ^b	69,8 ^b	66,3 ^b	65,7 ^b	73,9 ^a
$S_{\bar{x}}$	1,2	1,8	1,4	1,5	1,5	1,4
p	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01

dMO: digestibilité matière organique; dMA: digestibilité matière azotée; dCB: digestibilité cellulose brute; dADF: digestibilité lignocellulose; dNDF: digestibilité parois; dEB: digestibilité énergie brute.

$S_{\bar{x}}$ = erreur standard de la moyenne; p = seuil de signification.

Les valeurs d'une même colonne portant un indice distinct sont statistiquement différentes.

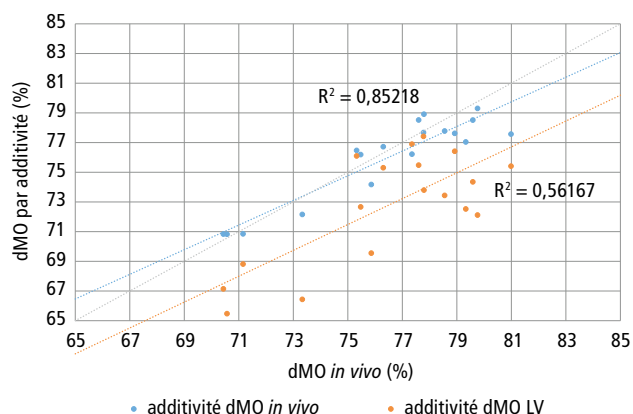
Tableau 3 | Digestibilités *in vivo* des fourrages selon leur part dans le mélange (en %).

		dMO	dMA	dCB	dADF	dNDF	dEB
Mélange 1 foin 42 et ensilage herbe S2	100% foin lot 42	79,6	54,6	81,0	80,8	77,8	75,8
	80% foin lot 42	80,1	53,9	82,7	82,8	79,5	76,5
	50% foin lot 42	77,3	50,3	77,5	79,9	73,9	74,3
	S _x	1,1	2,4	1,8	1,7	1,8	1,3
	p	0,3	0,4	0,2	0,5	0,1	0,5
	100% ensilage herbe S2	78,3	61,1	84,6	83,1	80,5	74,3
	80% ensilage herbe S2	77,1	59,8	82,7	80,5	78,4	73,7
	50% ensilage herbe S2	76,0	58,4	81,2	82,2	76,6	72,9
	S _x	1,1	1,6	1,6	1,5	1,5	1,3
	p	0,4	0,5	0,4	0,5	0,3	0,8
Mélange 2 ensilage herbe S3 et ensilage maïs S41	100% ensilage herbe S3	76,9	56,1	84,9	81,7	78,1	74,0
	80% ensilage herbe S3	76,4	55,8	82,8	80,5	75,6	73,2
	50% ensilage herbe S3	74,5	54,7	79,3	73,7	68,7	71,7
	S _x	1,6	1,9	2,4	2,9	3,1	1,6
	p	0,5	0,9	0,3	0,2	0,1	0,6
	100% ensilage maïs S41	76,1	49,2	66,4	63,1	63,0	73,9
	80% ensilage maïs S41	77,5	49,0	70,2	68,1	64,8	74,5
	50% ensilage maïs S41	74,0	46,9	63,1	58,0	56,5	71,8
	S _x	1,3	2,1	2,9	3,4	3,1	1,3
	p	0,2	0,7	0,3	0,2	0,2	0,3
Mélange 3 foin 57 et herbe 1c	100% foin lot 57	76,6	65,4	81,5b	81,3	78,6	71,5
	80% foin lot 57	79,4	68,1	86,7ab	84,6	81,6	74,5
	50% foin lot 57	78,1	66,4	86,7a	83,8	81,2	73,7
	S _x	1,3	2,3	1,4	1,3	1,4	1,7
	p	0,3	0,7	0,04	0,2	0,3	0,4
	100% herbe 1c	79,0	69,8	80,0	80,1	78,5	74,8
	80% herbe 1c	80,4	68,1	84,6	83,3	81,0	75,8
	50% herbe 1c	80,5	70,7	84,7	82,5	80,9	77,0
	S _x	1,4	1,8	1,8	1,7	1,8	1,7
	P	0,7	0,6	0,2	0,4	0,5	0,7
Mélange 4 herbe 3c et regain 3c	100% herbe 3c	70,9	66,6	67,8	65,7	66,3	67,0
	80% herbe 3c	71,2	66,5	69,2	69,1	68,2	67,6
	50% herbe 3c	70,1	65,2	63,3	61,2	65,3	65,6
	S _x	1,0	1,0	1,8	2,3	1,8	1,3
	P	0,7	0,5	0,1	0,1	0,5	0,6
	100% regain 3c lot 70	70,8	64,2	68,2	66,4	66,1	66,9
	80% regain 3c lot 70	70,5	62,6	67,8	65,9	68,0	64,9
	50% regain 3c lot 70	70,0	62,5	64,2	62,3	65,1	65,5
	S _x	0,9	1,8	1,4	2,1	1,5	1,4
	P	0,8	0,8	0,2	0,3	0,4	0,6
Mélange 5 foin 58 et regain 3c	100% foin lot 58	77,5	63,9	81,6	81,4	80,2	73,6
	80% foin lot 58	76,8	59,8	83,6	82,4	81,3	72,3
	50% foin lot 58	81,1	67,3	87,1	83,5	84,1	76,2
	S _x	1,7	2,8	2,7	2,4	2,3	1,9
	p	0,2	0,2	0,4	0,8	0,5	0,4
	100% regain 3c lot 70	70,8	64,2	68,2	66,4	66,1	66,9
	80% regain 3c lot 70	72,3	66,1	71,4	66,6	67,7	68,3
	50% regain 3c lot 70	74,3	67,2	73,2	68,5	70,3	69,4
	S _x	1,5	2,2	2,4	2,3	2,3	1,7
	p	0,3	0,6	0,4	0,8	0,5	0,6
Mélange 6 foin 58 et ensilage maïs S40	100% foin lot 58	77,5	63,9	81,6	81,4	80,2	73,6
	80% foin lot 58	81,9	69,2	85,3	85,3	82,6	78,5
	50% foin lot 58	80,2	63,6	81,8	84,1	79,7	77,8
	S _x	1,9	2,5	2,7	2,6	2,7	1,8
	p	0,3	0,3	0,6	0,6	0,7	0,2
	100% ensilage maïs S40	77,7	56,6	67,3	64,4	62,8	74,4
	80% ensilage maïs S40	77,8	55,7	66,3	66,7	62,0	75,0
	50% ensilage maïs S40	80,2	59,3	71,8	71,9	66,0	78,3
	S _x	1,8	3,2	4,0	3,8	3,7	1,8
	p	0,6	0,7	0,6	0,4	0,7	0,3

S_x = erreur standard de la moyenne; p = seuil de signification.

Les valeurs d'une même ligne portant un indice distinct sont statistiquement différentes.

dMO: digestibilité matière organique; dMA: digestibilité matière azotée; dCB: digestibilité cellulose brute; dADF: digestibilité lignocellulose; dNDF: digestibilité parois; dEB: digestibilité énergie brute.



dMO: digestibilité de la matière organique; R²: coefficient de détermination.

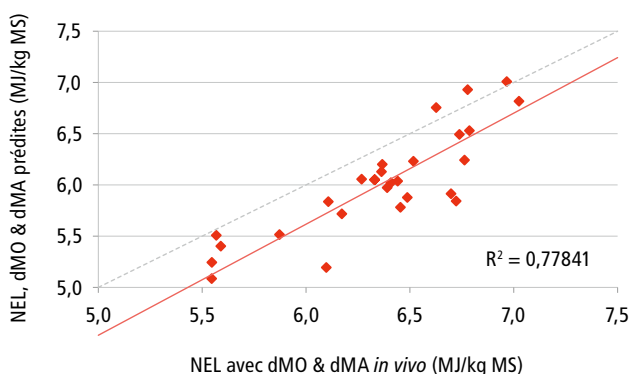
Figure 2 | dMO des associations *in vivo* vs par additivité et prédite.

Ces différences corroborent Baumont *et al.* (2009) qui citent des dMO des repousses toujours inférieures de 3 à 5 points environ par rapport à celles des mêmes fourrages au stade feuillu du 1^{er} cycle. Dans cet essai, les dMO de l'herbe 1c obtenaient 8,1 points-pourcent de plus que l'herbe 3c et le foin lot 58 avait une dMO plus élevée de 6,7 points-pourcent que le regain 3c; ces fourrages récoltés la même année provenaient de la même parcelle. Les digestibilités des trois foin étaient similaires, excepté pour celle de la matière azotée (dMA) du foin lot 42; les deux ensilages d'herbe ne se sont pas différenciés entre eux. Quant aux ensilages de maïs, sans se distinguer des autres fourrages pour la dMO, leur dMA accusait 10 points-pourcent de différence. Les ensilages de maïs obtenaient les digestibilités des constituants pariétaux relativement faibles, qui correspondent à celles des herbages de 3^e cycle.

Digestibilité *in vivo* des fourrages en associations

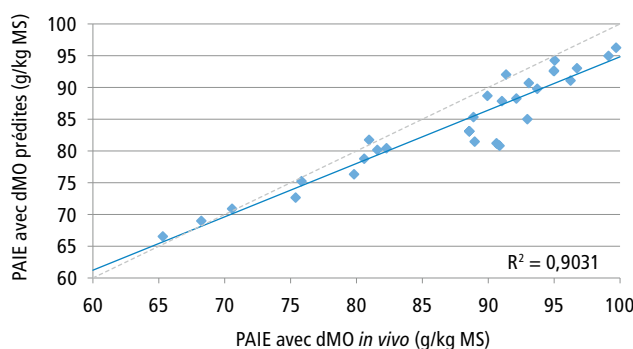
Les digestibilités des fourrages obtenues par différence à partir des rations mélangées figurent dans le tableau 3. La digestibilité d'un fourrage évolue selon le fourrage qui lui est associé et selon sa part dans l'association. Ces interactions restent cependant relativement faibles vu la similitude des fourrages considérés. Les digestibilités obtenues en ration pure ou par différence à partir des associations 80/20 et 50/50 % ne diffèrent pas statistiquement ($p > 0,1$). L'amplitude moyenne (plus grande dMO – plus petite dMO d'un fourrage) sur l'ensemble des mélanges atteint $2,7 \pm 1,1$ points %. Les plus grandes différences de dMO (4,3 points %) sont attribuées au foin lorsqu'il est associé à du regain ou à de l'ensilage de maïs (fig. 1). Sur les six mélanges étudiés, dans 42 % des cas la dMO des fourrages était la plus élevée lorsque les fourrages représentaient le 80 % du mélange, dans 33 % des cas lorsque leur part était de 50 %, et dans seulement 25 % des cas en ration pure.

Dans les mélanges 5 (foin lot 58 et regain 3c) et 6 (foin lot 58 et ensilage de maïs), la digestibilité des nutriments des deux fourrages associés au foin 58 augmente lorsque leur part dans la ration diminue. Ceci pourrait être attribué au ralentissement du flux des digestas (Faichney 1995). Une plus grande part de foin dans la ration augmente le temps voué à la digestion. Cette tendance ne se répète pas avec le mélange 1 (foin 42 associé à l'ensilage d'herbe): la réduction de la part d'ensilage dans le mélange correspond à une baisse de sa digestibilité. A noter que le foin 42 avait des teneurs en MA et MG plus faibles que les autres foin.



NEL: énergie nette pour la production laitière; dMO: digestibilité de la matière organique; dMA: digestibilité de la matière azotée; R²: coefficient de détermination.

Figure 3 | Valeurs énergétiques calculées avec digestibilités *in vivo* vs prédites.



PAIE: protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de l'énergie disponible; dMO: digestibilité de la matière organique; R²: coefficient de détermination.

Figure 4 | Valeurs protéiques calculées avec digestibilités *in vivo* vs digestibilités prédites.

Digestibilité des mélanges calculée par additivité

La dMO des mélanges obtenue par additivité des dMO *in vivo* (fig. 2) est légèrement sous-évaluée ($r=0,92$). Le plus grand écart ($-3,4$ points %) est observé dans le mélange 80 % de foin et 20 % d'ensilage de maïs, alors que pour le même mélange aux proportions 20–80 %, l'écart n'est que de $-0,1$ point. Dans 77 % des cas, la différence est égale ou inférieure à 1,1 point %. En incluant les dMO issues des équations de prédiction dans le calcul, la dMO des mélanges obtenue se différencie davantage des valeurs observées ($r=0,75$) avec un écart maximal de $-7,6$ points % à l'association 80 % foin – 20 % ensilage d'herbe, et dont 44 % des valeurs sont sous-estimées de plus de 5 points %.

Prédiction de la valeur nutritive des mélanges

Aux figures 3 (énergie nette lactation, NEL) et 4 (protéines absorbables dans l'intestin, PAIE), les valeurs nutritives calculées à partir des digestibilités *in vivo* sont comparées aux valeurs obtenues avec les dMO prédites. Pour les mélanges, les valeurs nutritives ont été calculées par additivité à partir des valeurs nutritives prédites des fourrages.

Les valeurs NEL prédites sont sous-estimées. Les plus grands écarts sont obtenus avec les mélanges (1, 3 et 5) qui contenaient les foins. Cette différence résulte des écarts générés par la prédiction des foins ($-5,3 \pm 2,9$ points %) et par les interactions qui ne sont pas prises en compte dans le calcul par additivité.

Les valeurs protéiques (PAIE) prédites concordent mieux avec les valeurs obtenues avec les dMO *in vivo*, cependant les valeurs élevées ont tendance à être sous-estimées. Les valeurs prédites pour le mélange 1 (foin – ensilage d'herbe en association 50 % – 50 %) obtiennent la moins bonne prédiction avec une sous-estimation de 10 g de PAIE/kg de matière sèche (MS).

Conclusions

- La digestibilité d'un fourrage évolue lorsqu'il est associé à un autre, en fonction de sa part dans le mélange et du fourrage qui lui est associé.
- Les digestibilités des nutriments d'un fourrage associé à 80 % à un autre fourrage un sont généralement supérieures à celles obtenues en ration pure.
- Les différentes interactions entre types et proportions de fourrages dans les associations rendent complexe l'attribution d'une valeur précise à un mélange, d'autant plus si la ration contient encore d'autres aliments.
- Les valeurs dMO et dMA des associations obtenues par additivité sont proches des valeurs obtenues *in vivo*. Les plus grands écarts se remarquent dans les mélanges contenant du foin.
- La valeur nutritive d'une association calculée par additivité à partir de digestibilités prédites ou issues de tables peut sensiblement s'écarter de la réalité et doit être réévaluée en fonction des réponses animales qui en résultent. ■

Riassunto

Digeribilità del foraggio in razioni miste

La digeribilità della sostanza organica (dSO) di un foraggio, che può essere stimata *in vitro* tramite un modello di calcolo oppure determinata *in vivo* mediante un esperimento, fornisce un valore nutrizionale considerato isolatamente. Tuttavia, una razione è generalmente costituita da una miscela di foraggi e di mangimi concentrati. In questo esperimento si studia lo sviluppo della dSO di diversi foraggi (foraggio verde, insilato di erba, fieno, grumereccio e insilato di mais) *in vivo* con i montoni. Agli animali, sono stati presentati differenti combinazioni di due tipi di foraggio a percentuali diverse (100–0, 80–20, 50–50, 20–80, 0–100 %). La dSO per i diversi tipi di foraggio è cambiata (senza differenze significative sul piano statistico) a seconda delle rispettive proporzioni di foraggio nelle miscele e dei tipi di foraggio presentati insieme. La differenza delle dSO delle miscele e le dSO dei foraggi isolati della dSO delle miscele è stata in media di $2,7 \pm 1,1$ punti percentuali. Le differenze maggiori (4,3 punti percentuali) si sono avute nella dSO di fieno in miscela con grumereccio o con insilato di mais. Nel 42 % di tutti i casi, la dSO più elevata è stata riscontrata quando il foraggio in questione rappresentava l'80% della miscela. La dSO delle miscele ottenuta per addizione della dSO *in vivo* dei componenti è leggermente sottostimata ($r=0,92$). Se si considera la dSO stimata dei singoli foraggi, la dSO delle miscele devia maggiormente rispetto ai valori *in vivo* ($r=0,56$). L'esperimento dimostra che ogni foraggio interagisce diversamente e in funzione della sua rispettiva proporzione nelle miscele.

Summary

Digestibility of forage in mixed rations

The digestibility of the organic matter (DOM) of a forage, whether estimated *in vitro* via modelling or determined *in vivo* via experimentation, is a nutritive value considered in isolation. A ration, however, generally consists of a mixture of different forages and concentrates. This trial – consisting of an *in vivo* study with wethers – studies the changes in DOM of different forages (herbage, grass silage, hay, and maize silage) distributed in different proportions (100–0, 80–20, 50–50, 20–80, and 0–100 %, respectively) in two-component combinations. The DOM of the forage types changed (without statistically significant differences) as a function of the proportions in the mixture and the associated feed; the mean DOM deviation of the mixtures was 2.7 ± 1.1 percentage points. The greatest differences in DOM (4.3 percentage points) were found for mixtures of hay from different cuts or hay combined with maize silage. In 42 % of the cases the highest DOM was identified when the forage in question accounted for 80 % of a mixture. The DOM of the combinations obtained by adding the *in vivo* DMO of the individual components is slightly underestimated ($r=0.92$). Taking into account the estimated DOM scores of the forages, the DOM scores of the combinations move further away from the *in vivo* values ($r=0.56$). The experiment shows that each forage interacts differently in the combinations and as a function its proportions in the mixture.

Key words: digestibility, associated forages.

Bibliographie

- Agroscope, 2017. Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive pour les ruminants (Livre vert). 15 Formules et équations de prédiction. Accès: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/fr/home/services/soutien/aliments-pour-animaux/apports-alimentaires-recommandes-pour-les-ruminants%20.html> [26.04.2018]
- Aufrère J., 1982. Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences* **31** (2), 111–130.
- Arrigo Y., Pacheco J., Pittet A. & Ampuero Kragten S., 2018. Digestibilité de la matière organique: comparaison de valeurs mesurées *in vitro* et *in vivo*. *Recherche Agronomique Suisse* **9** (3), 92–97.
- Daccord R., Arrigo Y. & Chaubert C., 2006. Formules et équations de prédiction. In: Apports alimentaires recommandés pour les ruminants (Livre vert Agroscope), chapitre 15, éd. Agroscope, Posieux (date de consultation 23.03.2018).
- Nozière P., Delaby L., Sauvant D. et 30 co-auteurs, 2016. INRA Feed Unit System for Ruminants, le nouveau «Livre Rouge» de l'INRA, 23^e Journées 3R – 2016. Accès: http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/Texte_4_affiche_Alimentation-revsyst_P-Noziere.pdf
- Fainchney G. J., 1995. Transit des digesta dans le tube digestif des ruminants. Nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion. INRA Editions Paris 431-464.
- Schubiger F. X., 2001. Valeur nutritive des plantes de prairie. 5: Digestibilité de la matière organique. *Revue suisse d'Agriculture* **33** (6), 275–279.