

# Estimation de la valeur nutritive d'ensilages de mélanges protéagineux et céréales immatures

Yves Arrigo, Agroscope, Institut des sciences en production animale IPA, 1725 Posieux, Suisse

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



Culture de protéagineux et céréales immatures au moment de la récolte. (Photo: Agroscope)

## Introduction

Utilisés il y a une cinquantaine d'années déjà, les mélanges protéagineux et céréales immatures (MPCI) ont été délaissés au fil du temps au profit de cultures plus énergétiques comme celle du maïs. Sous la dénomination de méteil, ces mélanges ont persisté en agriculture biologique, car ils nécessitent peu d'intrants, peu de fumure (30 à 70 unités d'azote) et pas de traitements phytosanitaires. Non seulement ils tirent profit de la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses, mais s'affranchissent en plus des sécheresses estivales, car ils sont semés en automne et récoltés sous forme d'ensilage au début de l'été. Cet atout engendre un regain d'intérêt pour les MPCI pour sécuriser le système fourrager en assurant un stock de fourrage en cas de pénurie.

Les mélanges avec trois à quatre composants sont les plus recommandés en raison de leur simplicité de mise en œuvre et leur faible coût (Herman 2007). Le

triticale, avec son apport énergétique relativement bon, est la céréale incontournable comme plante-tuteur pour les protéagineuses. L'avoine est citée pour son appétence et, comme protéagineux, le pois fourrager est censé combler l'apport en matière azotée. L'utilisation de la vesce est déconseillée, car elle hiverne mal dans nos contrées et sa semence est onéreuse.

Que valent ces fourrages et comment en estimer la valeur nutritive à partir d'éléments simples et abordables? Pour y répondre, Agroscope Posieux a déterminé la digestibilité *in vivo* des nutriments et la dégradabilité *in sacco* de la matière azotée (deMA) pour en calculer la valeur nutritive. A partir de la composition botanique à la récolte et des teneurs en nutriments analysées dans les ensilages, différentes approches ont été abordées pour estimer la valeur nutritive. Ce travail compare les résultats estimés avec les valeurs déterminées par expérimentation animale.

dMO	digestibilité de la matière organique
dCB	digestibilité de la cellulose brute
dADF	digestibilité de la lignocellulose
dNDF	digestibilité des parois
dEB	digestibilité de l'énergie brute
deMA	dégradabilité de la matière azotée
PAIE	protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de l'énergie disponible
PAIN	protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de la matière azotée dégradée
NEL	énergie nette pour la production laitière

## Résumé

Trois mélanges protéagineux/céréales immatures composés de triticale (90 kg/ha), d'avoine (40, 30 et 20 kg/ha) et de pois fourragers (20, 30 40 kg/ha) ont été semés à Agroscope Posieux (FR) en octobre 2011 et ensilés fin juin 2012. La dégradabilité *in sacco* a été déterminée avec des vaches fistulées et la digestibilité *in vivo* des nutriments avec des béliers castrés. Les compositions botaniques à la récolte n'étaient pas celles souhaitées au semis, les parts escomptées en pois (20, 25 et 30 %) n'ont pas été atteintes (9,3, 9,5 et 14 %). La digestibilité de la matière organique (dMO) *in vivo* était faible (63,6 ± 1,8 %) et ne se distinguait pas entre les mélanges (p=0,5). L'estimation de la dMO par la méthode *in vitro* était très bonne pour deux ensilages (<1 point), mais a obtenu également le plus grand écart -4,8 points de l'essai. A l'aide de l'analyse botanique à la récolte, la pondération des dMO des composants des mélanges édités dans la base suisse de données des aliments pour animaux a permis une bonne approche. La dégradabilité de la matière azotée moyenne était faible avec 61,2 ± 1,5 %. La valeur nutritive moyenne des ensilages se situe au niveau d'un ensilage d'herbe issue d'une prairie riche en graminées au stade tardif. Ce type de fourrage offre, en cas de pénurie, un apport aux animaux moins exigeants permettant de réserver les fourrages de haute valeur à ceux en production.

## Animaux, matériel et méthode

Fin octobre 2011, trois mélanges (tabl. 1) composés de triticale, d'avoine et de pois ont été semés à Posieux (alt. 660 m).

A fin mars, les cultures ont reçu 55 unités d'azote par hectare sous forme de nitrate d'ammoniac. Aucun autre apport ou traitement n'a eu lieu par la suite. Le fourrage a été ensilé le 28 juin 2012 dans des cuves de 700 litres fermées par un film plastique lesté de sable. Pour les essais d'alimentation, nous avons utilisé les trois mélanges ensilés avec un agent de conservation (Kofasil BALE à raison de 4,7 l/1000 kg matière fraîche) et le premier mélange A/90/40/30 sans agent d'ensilage. Les essais de dégradabilité ont été réalisés selon la méthode *in sacco* avec un taux de passage de 6 % (Dohme *et al.* 2007) avec trois vaches tarées fistulées de la race Holstein (719 ± 60 kg) recevant une ration expérimentale composée de 35 % de foin, 35 % d'ensilage de maïs et 30 % de concentré. Les ensilages incubés dans la panse ont été prélevés par sondage à l'ouverture des cuves, puis lyophilisés et moulus à 3 mm. Les essais de digestibilité

Tableau 1 | Composition des mélanges et quantités semées, en kg/ha

Mélange	Triticale Triamant	Avoine Wiland	Pois Arkta	Agent de conservation
A /90/40/30	90	40	30	avec
B /90/30/40	90	30	40	avec
C /90/20/50	90	20	50	avec
D /90/40/30	90	40	30	sans

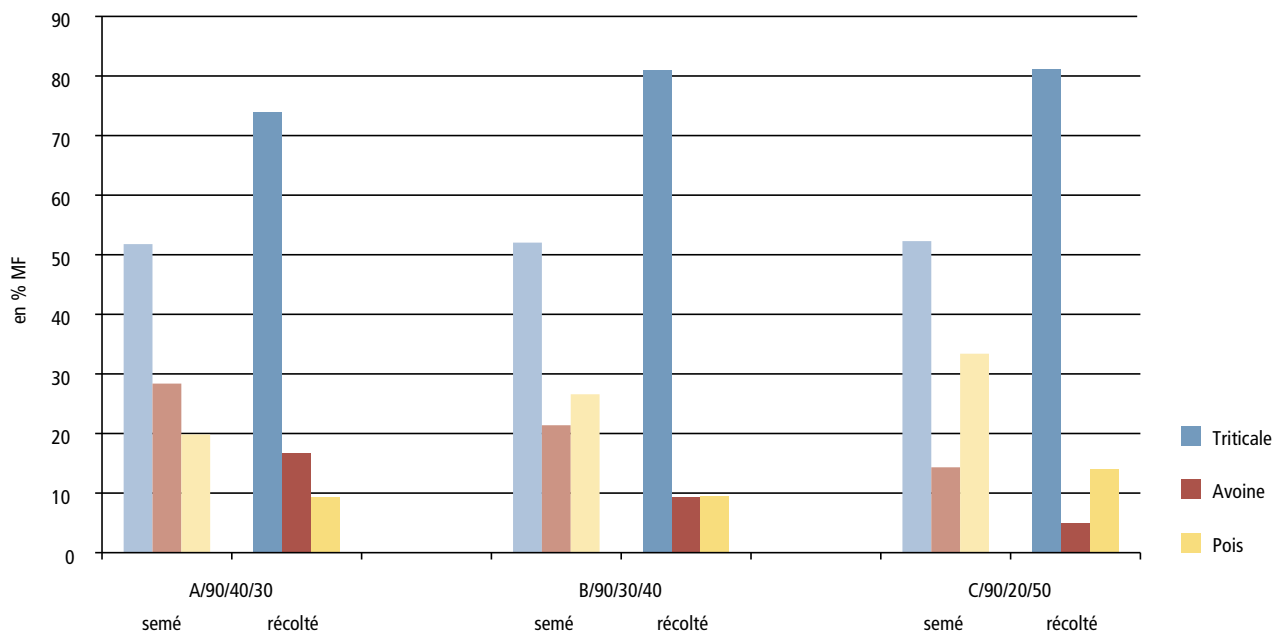


Figure 1 | Composition botanique estimée au semis et à la récolte en % de matière fraîche (MF).

*in vivo* ont été conduits avec des béliers de la race Oxford (n: 4/traitement; 4,3 ± 0,8 ans; 83,4 ± 8,8 kg). Les animaux ont été rationnés selon l'usage, soit 0,380 MJ énergie métabolisable par kg métabolique, majoré de 10%. Pour comparaison, la digestibilité de la matière organique des ensilages a fait l'objet d'une détermination *in vitro* (incubation avec jus de panse, Tilley et Terry 1963).

La dMO a été estimée au travers de différentes démarches: détermination *in vitro*; pondération avec la composition botanique à la récolte des dMO disponibles dans la base suisse de données des aliments pour animaux pour les ensilages de triticale, d'avoine et des pois fourragers (Agroscope [a] 2013); prédiction avec les équations de la dMO basées sur la cellulose brute pour les ensilages d'herbe riche en graminées et pour mélanges indéterminés, édités dans les apports et recommandations pour les ruminants (Agroscope [b] 2013, voir encadré).

## Résultats et discussion

Les mélanges ont atteint des rendements en matière sèche (MS) de 9000 kg MS/ha pour le mélange A/90/40/30, de 9905 kg pour le B/90/30/40 et de 8790 kg pour le C/90/20/50. Les proportions en protéagineux à la récolte

### Equations de prédiction de la digestibilité de la matière organique (dMO) avec la cellulose brute ou avec la lignocellulose

#### Ensilage type G: prairies riches en graminées

$$dMO = 26,3 + 0,1653 MA_{MO} + 0,2041 CB_{MO} - 0,000241 MA_{MO}^2 - 0,000419 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 10,8 + 0,1652 MA_{MO} + 0,2793 ADF_{MO} - 0,000240 MA_{MO}^2 - 0,000484 ADF_{MO}^2$$

#### Ensilage type I: prairies dont la composition botanique est indéterminée

$$dMO = 51,8 + 0,1275 MA_{MO} + 0,1116 CB_{MO} - 0,000219 MA_{MO}^2 - 0,000333 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 45,7 + 0,1145 MA_{MO} + 0,1661 ADF_{MO} - 0,000199 MA_{MO}^2 - 0,000390 ADF_{MO}^2$$

MA matière azotée; CB cellulose brute; ADF lignocellulose.  $MA_{MO}$ ;  $CB_{MO}$ ;  $ADF_{MO}$  nutriments exprimés dans la matière organique.





**Figure 2** | Analyse botanique d'un m<sup>2</sup> avec une part de pois nettement inférieure à celle souhaitée.  
(Photo: Agroscope)

ne correspondaient pas aux attentes faites au semis (fig. 1), les parts croissantes en pois prévues dans les mélanges n'ayant pas été atteintes (9,3, 9,5 et 14 %). Selon Coutard (2010), «Avec les associations, on sait ce que l'on sème et on constate ce que l'on récolte». Toujours selon lui, pour réaliser une augmentation de la densité en protéagineux récoltés, il faudrait semer plus de 20 grains/m<sup>2</sup>. Dans notre essai, même avec 45 grains/m<sup>2</sup>, la part en pois est restée modeste. A souligner l'absence d'autres plantes dans les cultures.

**La composition chimique** des ensilages figure dans le tableau 2. De par leur similitude botanique, les valeurs varient peu entre les mélanges. Le faible taux en protéagineux des mélanges n'a pas influencé les teneurs en MA qui sont basses. Le mélange C, qui comprend le plus de pois, a des teneurs en constituants pariétaux légèrement inférieures aux autres.

Les teneurs des ensilages issus du même mélange (90/40/30) conservé avec ou sans agent de conservation sont identiques - exception faite des sucres, l'ensilage traité avec l'agent de conservation ayant des teneurs légèrement supérieures à celui conservé sans agent.

### Dégradabilité

La dégradabilité de la matière azotée moyenne était de  $61,2 \pm 1,5\%$ , ce qui est assez faible et se situe au niveau d'un ensilage de ray-grass au stade tardif (tabl. 3). En pondérant les deMA données dans la base suisse de données des aliments pour animaux (Agroscope [a] 2013) des constituants du mélange, on obtient une valeur plus élevée de 13,5 points. Cette différence a pour conséquence une sous-évaluation des protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de l'énergie disponible (PAIE) de 11 % et des protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de la matière azotée dégradée (PAIN) de 4 %.

### Digestibilité

Les digestibilités de la matière organique (dMO) obtenues sont faibles (tabl. 4) et correspondent à celles des ensilages d'herbe aux stades tardifs. Au vu des compositions chimiques proches, les digestibilités *in vivo* des nutriments ne se distinguent pas entre les mélanges ( $p = 0,5$ ). Par ailleurs, l'ajout d'agent de conservation n'a eu aucune influence sur la digestibilité ( $p = 0,9$ ). >

**Tableau 2 | Composition chimique des ensilages**

	Ensilages			
	A/90/40/30	B/90/30/40	C/90/20/50	D/90/40/30
<b>Matière sèche (MS), % g/kg MS</b>	<b>35,3</b>	<b>35,4</b>	<b>34,5</b>	<b>35,0</b>
Matière azotée (MA)	87	92	83	87
Cellulose brute (CB)	293	296	276	290
Lignocellulose (ADF)	328	327	309	329
Parois (NDF)	518	517	486	520
Cendres (CE)	47	49	76	46
Sucres WSC (hydrosolubles)	111	110	103	96
Sucres ESC (solubles à l'éthanol)	92	83	73	76
Amidon	116	113	129	120
Graisse	16	15	15	18
Energie brute (EB)	18,2	18,2	17,6	18,4
Calcium (Ca)	3,5	3,4	3,3	3,4
Phosphore (P)	3,0	3,2	3,4	3,2
Magnésium (Mg)	1,4	1,4	1,5	1,4
Potassium (K)	8,1	8,6	8,7	8,5
Acides aminés totaux	68	67	66	69
Lysine	3,6	3,4	3,5	3,3
Méthionine	1,2	1,2	1,1	1,3

Mélanges semés/triticales/avoine/pois: A/90/40/30; B/90/30/40; C/90/20/50; D/90/40/30 sans agent de conservation.

**Tableau 3 | Coefficients de dégradabilité (en %)**

	A/90/40/30	B/90/30/40	C/90/20/50	D/90/40/30	p	S <sub>x</sub>
deMA <i>in sacco</i>	60,6 <sup>b</sup>	62,9 <sup>a</sup>	60,1 <sup>b</sup>	–	< 0,01	0,4
deMA pondérée	74,8	74,6	74,7	–	–	–

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

p = seuil de signification; S<sub>x</sub> = erreur standard de la moyenne.

deMA = dégradabilité de la matière azotée; deMA pondérée obtenue par pondération des deMA éditées pour les ensilages de triticales, d'avoine ou de pois.

**Tableau 4 | Coefficients de digestibilité déterminés *in vivo* et estimés (en %)**

	A/90/40/30	B/90/30/40	C/90/20/50	D/90/40/30	p	S <sub>x</sub>
dMO <i>in vivo</i>	65,1 ± 1,3	61,7 ± 2,0	62,4 ± 2,7	65,1 ± 5,6	0,5	2,0
dMO <i>in vitro</i>	60,3	62,4	65,2	64,6	–	–
dMO pondérée	64,1	63,9	64,3	64,1	–	–
dMO <sub>ens. équ. G</sub>	62,6	63,0	62,8	62,7	–	–
dMO <sub>ens. équ. ind.</sub>	64,5	64,6	65,2	64,7	–	–
dMA	49,6 ± 4,2	47,5 ± 5,5	47,9 ± 1,1	51,1 ± 3,0	0,6	2,1
dCB	60,3 ± 4,5	54,8 ± 3,2	51,0 ± 4,2	59,2 ± 8,2	0,2	3,2
dADF	53,4 ± 5,0	49,7 ± 1,9	51,2 ± 7,4	53,8 ± 8,9	0,8	3,7
dNDF	57,6 ± 5,4	50,6 ± 3,2	49,6 ± 4,3	54,9 ± 9,2	0,4	3,6
dEB	62,2 ± 1,2	59,5 ± 1,8	59,6 ± 2,1	62,4 ± 5,4	0,6	1,9

p = seuil de signification; S<sub>x</sub> = erreur standard de la moyenne.

dMO<sub>in vivo</sub>: digestibilité de la matière organique déterminée *in vivo*;

dMO<sub>in vitro</sub>: selon Tilley et Terry;

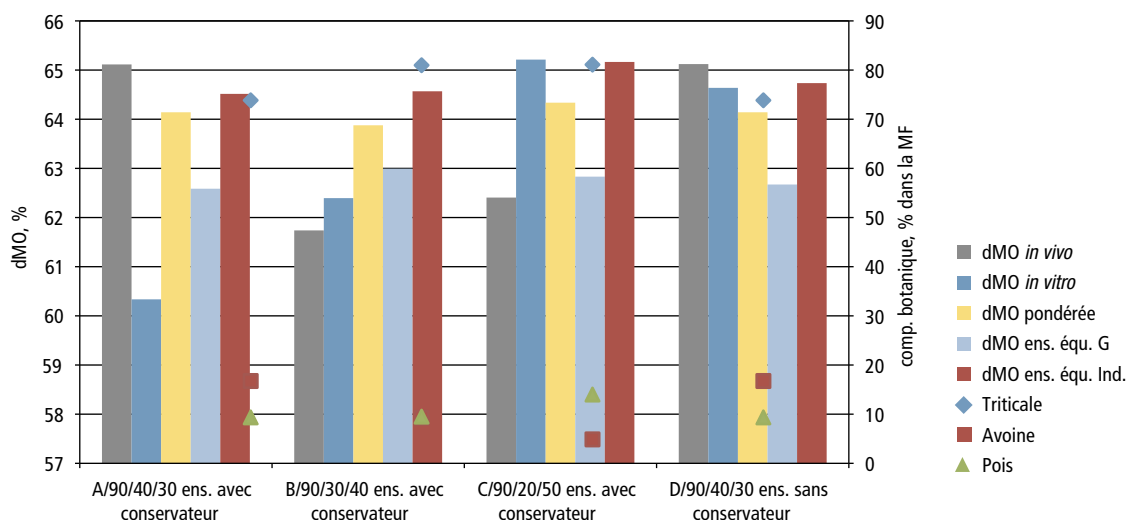
dMO<sub>pondérée</sub>: obtenue par pondération des dMO éditées pour les ensilages de triticales, d'avoine ou de pois;

dMO<sub>ens. équ. G</sub>: selon équation de prédiction pour ensilage d'herbe type graminées;

dMO<sub>ens. équ. ind.</sub>: selon équation de prédiction pour ensilage d'herbe indéterminé.

dMA: digestibilité de la matière azotée; dCB: digestibilité de la cellulose brute;

dADF: digestibilité de la lignocellulose; dNDF: digestibilité des parois; dEB: digestibilité de l'énergie brute.



dMO<sub>in vivo</sub>: digestibilité de la matière organique déterminée *in vivo*; dMO<sub>in vitro</sub>: déterminée par la méthode Tilley et Terry; dMO<sub>pondérée</sub>: obtenue par pondération des dMO éditées pour les ensilages de triticale, d'avoine ou de pois; dMO<sub>ens. équ. G</sub>: selon équation de prédiction pour ensilage d'herbe type graminées; dMO<sub>ens. équ. Ind.</sub>: selon équation de prédiction pour ensilage d'herbe indéterminé.

**Figure 3 | Digestibilité de la matière organique déterminée *in vivo* vs estimée par méthode *in vitro*, par pondération ou par équations de prédiction pour ensilage d'herbe.**

Les estimations obtenues approchent les valeurs dMO *in vivo* entre 4,8 et -0,4 points. Les dMO des ensilages A/90/40/30 et D/90/40/30 ont été sous-estimées par les quatre méthodes alors que celles des traitements B/90/30/40 et C/90/20/50 ont été surestimées. Au vu des résultats, il est difficile de prétendre qu'une méthode est meilleure qu'une autre (fig. 2). En effet, si les valeurs obtenues avec la méthode microbiologique sont proches dans deux cas de la valeur *in vivo*, c'est aussi par celle-ci que l'on a obtenu la plus grande différence de l'essai. De même, si l'estimation avec l'équation pour l'ensilage d'herbe de mélanges indéterminés offre deux bonnes approches (A/90/40/30 et D/90/40/30), elle est moyenne pour les deux autres ensilages.

### Valeurs nutritives

Les valeurs nutritives des mélanges protéagineux/céréales immatures étudiés offrent des valeurs énergétiques et azotées modestes, les situant au stade tardif des ensilages d'herbe issus de prairies riches en graminées. Dans le tableau 5, les valeurs énergétiques NEL et azotée PAIE et PAIN obtenues avec les digestibilités *in vivo* et les dégradabilités *in sacco* sont comparées à celles obtenues:

- avec la dMO *in vitro* et la deMA *in sacco*,
- par pondération des dMO et deMA des composants du mélange édités dans la base suisse des aliments pour animaux,



**Tableau 5 | Valeurs nutritives déterminées vs estimées, dans la matière sèche**

	A/90/40/30		B/90/30/40		C/90/20/50		D/90/40/30	
calcul avec	NEL MJ	PAIE/PAIN g	NEL MJ	PAIE/PAIN g	NEL MJ	PAIE/PAIN g	NEL MJ	PAIE/PAIN g
dMO <sub>in vivo</sub> et deMA <sub>in sacco</sub>	5,3	77/57	5,0	74/60	4,9	70/54	5,3	75/56
dMO <sub>in vitro</sub> deMA <sub>in sacco</sub>	4,9	72/57	5,0	74/60	5,2	72/54	5,3	75/56
dMO édit. pondérées	5,2	67/54	5,2	68/58	5,1	63/52	5,2	66/54
Pondération des valeurs NEL, PAIE éditées	5,1	56/52	5,1	55/50	5,1	56/52	5,1	56/52
dMO et deMA équation ensilage herbe G	5,1	67/55	5,1	68/58	4,9	63/52	5,1	68/55
dMO et deMA équation ensilage herbe ind.	5,3	69/55	5,3	70/58	5,2	65/52	5,3	69/55

NEL = énergie nette lactation; PAIE = protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de l'énergie disponible; PAIN = protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de la matière azotée dégradée.

- par pondération des valeurs NEL et PAIE, PAIN des trois composants des mélanges, valeurs issues de la base suisse (sans tenir compte des teneurs analysées),
- avec les valeurs analysées et les dMO et deMA prédites pour l'ensilage d'herbe de prairie type G et indéterminée.

Les valeurs estimées avec la dMO *in vitro* obtiennent le plus grand écart (-8,7 %) pour les NEL au traitement A/90/40/30, alors qu'elles s'approchent des valeurs obtenues expérimentalement pour le même fourrage sans agent de conservation. Selon les ensilages, les autres prédictions s'écartent différemment pour l'énergie ou la valeur azotée. De manière globale, l'estimation de la dMO a engendré des variations de -0,04 à + 0,47 MJ NEL.

Les ensilages obtiennent des rapports MA/NEL de 17 g/MJ, ce qui les situe en-dessous des recommandations pour vaches tarées (18 g MA/NEL). Ces valeurs sont au niveau d'un ensilage de ray-grass au stade tardif.

## Conclusions

- La valeur nutritive obtenue uniquement par une analyse chimique n'en garantit pas la justesse: en effet, la digestibilité de la matière organique (dMO) prise en considération ne sera pas forcément ciblée au fourrage.
- A l'aide de la composition chimiques et de la composition botanique à la récolte, qui permet de pondérer les dMO publiées dans la bases suisse de données des aliments pour animaux, il est possible d'obtenir des valeurs nutritives proches des valeurs déterminées expérimentalement.
- Les écarts relevés, dont le plus grand est inférieur à 7 %, sont tolérables pour des fourrages dont la valeur nutritive est faible. Ces fourrages sont plutôt destinés aux animaux à l'entretien (vaches tarées, génisses). ■

## Riassunto

### Stima del valore nutritivo degli insilati di miscele di piante proteiche e cereali immaturi

Presso Agroscope Posieux sono state seminate nell'ottobre 2011 e insilate a fine giugno 2012 tre miscele di piante proteiche e cereali immaturi composte da triticale (90 kg/ha), avena (40, 30 e 20 kg/ha) e piselli da foraggio (20, 30 40 kg/ha). La loro digeribilità in vivo è stata determinata su montoni castrati, mentre la degradabilità in sacco su vacche fistulate. Le composizioni botaniche alla raccolta non hanno soddisfatto quanto previsto alla semina, in quanto le parti previste in pisello (20%; 25%; 30%) non sono state raggiunte (9,3%; 9,5%; 14%). La digeribilità della sostanza organica (DSO) in vivo è risultata mediamente debole ovvero  $63,6 \pm 1,8\%$  e non si distingueva tra le miscele ( $p=0,5$ ). La stima della DSO con il metodo in vitro è risultata molto buona per i due insilati (<1 punto), ottenendo, però, lo scarto maggiore della prova (-4,8 punti). Con l'ausilio dell'analisi botanica al momento della raccolta, la ponderazione delle DSO delle componenti delle miscele pubblicate nella banca dati svizzera degli alimenti per animali ha permesso un buon approccio. La degradabilità media della sostanza azotata era debole, ovvero  $61,2 \pm 1,5\%$ .

Il valore nutritivo medio degli insilati si situa al livello di un insilato d'erba proveniente da un prato ricco in graminacee allo stadio tardivo. In caso di penuria, questo tipo di foraggio offre un apporto agli animali meno esigenti, consentendo di preservare i foraggi a elevato valore per quelli in produzione.

## Summary

### Estimating the nutritional value of silages composed of protein plant and immature cereal mixtures

Three immature whole plant pea-cereal mixtures composed of triticale (90 kg/ha), oats (40, 30 and 20 kg/ha) and field peas (20, 30 and 40 kg/ha) were sown at Agroscope Posieux in October 2011 and ensiled in late June 2012. *In vivo* digestibility was determined with wethers, and *in sacco* degradability with rumen fistulated cows. Botanical compositions at harvest were not as hoped for at the time of sowing: the shares of peas (9.3, 9.5, 14%) fell short of the intended (20, 25, 30%). At  $61.2 \pm 1.5\%$ , average degradability of crude protein was low. At  $63.6 \pm 1.8\%$ , *in vivo* digestibility of organic matter (DOM) was low, and scarcely differed between the mixtures ( $p=0.5$ ). Estimation of the DOM via the *in vitro* method was very good in two cases (<1% point), but also produced the highest discrepancy of the test (4.8% points). Using the botanical analysis at the time of the harvest, the weighting of the DOM of the components of the mixtures published in the Swiss animal-feed database allowed a good approach. The average nutritional value of the silages stands at the level of a grass silage from a meadow rich in later-stage grasses. In the case of shortages, this type of forage offers a contribution for the less-demanding animals, allowing the high-value forages to be reserved for those in production.

**Key words:** digestibility, degradability, immature cereals, peas.

## Bibliographie

- Agroscope (a), 2013. Base suisse de données des aliments pour animaux. Accès: [www.feedbase.ch](http://www.feedbase.ch)
- Agroscope (b), 2013. Daccord R., Chapitre 15: Formules et équations de prédiction. In: Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive pour les ruminants (Livre vert). Accès: <http://www.agroscope.admin.ch/futtermitteldatenbank/04834/index.html?lang=fr>
- Coutard J. P., 2010. Valeur nutritive des associations céréales – protéagineux cultivées en agriculture biologique et utilisées pour la complémentation des ruminants, 17<sup>e</sup> Renc. *Rech. Ruminants*, 285–288
- 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.
- Herman A., 2007. Observatoire météo Calvados et essai inter-culture. Accès: [http://www.webagri14.com/iso\\_album/rapport\\_unip\\_2006.pdf](http://www.webagri14.com/iso_album/rapport_unip_2006.pdf), Chambre d'Agriculture, F14500 Vire, a.herman@calvados.chambagri.fr
- Tilley M. & Terry R., 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society* **18**, 104–111.