

# Digestibilité et dégradabilité d'ensilages protéagineux-céréales immatures

Yves Arrigo<sup>1</sup>, Silvain Henneberger<sup>2</sup> et Ueli Wyss<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agroscope, Institut des sciences en production animale IPA, 1725 Posieux, Suisse

<sup>2</sup>Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, 3052 Zollikofen, Suisse

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



Mélange triticale-avoine-pois à la récolte. (photo: Yves Arrigo)

## Introduction

Les mélanges de protéagineux et de céréales immatures (MPCI) permettent de constituer des réserves de fourrages en prévision des pénuries engendrées par les sécheresses estivales. Ces mélanges offrent des rendements en matière sèche (MS) intéressants dans les zones marginales à la culture du maïs. Nécessitant peu d'intrants, ils sont fréquemment utilisés en agriculture biologique dans la perspective d'une certaine autonomie fourragère. Les MPCI semés en automne permettent de lutter contre l'érosion des parcelles en hiver.

Les mélanges simples, composés de deux céréales et d'une à deux protéagineuses, sont les plus fréquents étant donné leur simplicité de mise en œuvre et leur faible coût. Les valeurs nutritives des MPCI sont plutôt moyennes et varient beaucoup en fonction de l'année, du stade de maturité des plantes et des proportions en espèces récoltées dans le mélange (Coutard 2014; Arrigo 2014).

Dès qu'elle entre dans le calcul d'une ration, la valeur nutritive d'un aliment revêt toute son importance et doit être la plus réelle possible. Pour la prédiction des valeurs des MPCI, les références sont lacunaires. En effet, outre les innombrables combinaisons botaniques possibles, les variétés impliquées, le stade de récolte, les conditions météorologiques ou les caractéristiques des sols, les phénomènes de conservation peuvent aussi intervenir (Wyss et Arrigo 2015) et, finalement, la ration de l'animal. Lors de l'essai réalisé en 2013 concernant l'estimation de la valeur nutritive des MPCI (Arrigo 2014), le principe de l'additivité avait été retenu pour prédire la digestibilité de la matière organique (dMO) et de la dégradabilité de la matière azotée (deMA).

Afin de vérifier cette hypothèse d'additivité et de compléter nos bases de données, des ensilages de deux mélanges et de leurs trois composants (triticale, avoine et pois) ont fait l'objet de déterminations de la digestibilité *in vivo* de la matière organique (dMO) et de la dégradabilité *in sacco* de la matière azotée (deMA).

## Animaux, matériel et méthodes

Deux mélanges ont été semés le 29 octobre 2012 et de même pour leurs constituants, soit du triticale (Triamant), de l'avoine (Willand) et des pois fourragers (Arkta). Les deux mélanges se différenciaient par la quantité semée en pois (tabl. 1): le mélange POIS-b (basse concentration en pois) avec 50 kg/ha (45 grains/m<sup>2</sup>) – soit la quantité maximale semée lors de l'essai précédent (Arrigo 2014) et le mélange POIS-h (haute concentration en pois) avec 75 kg /ha (68 grains/m<sup>2</sup>). Aucun traitement contre les adventices ou d'autres maladies n'a été effectué. Un

apport azoté sous forme de nitrate d'ammoniac a été réalisé en avril 2013 à raison de 54 unités de N/ha.

L'ensilage des différents fourrages s'est déroulé dans de bonnes conditions le 11.7.2013. Les céréales étaient au stade laiteux pour l'avoine et pâteux pour le triticale. Les taux en matière sèche variaient de 25,6 % pour les pois à 38,1 % pour le triticale. Des analyses botaniques des parcelles ont été réalisées lors des deux semaines précédant la récolte et lors de celle-ci. Les parcelles ont été récoltées en fin de matinée avec une faucheuse rotative sans conditionneur. Le fourrage a été pressé sans adjonction d'agents de conservation en balles rectangulaires dans l'après-midi au moyen d'une presse équipée de six couteaux (New Holland type BB90/50). Les balles ont été enrubannées et stockées dans un bâtiment. Les caractéristiques fermentaires des fourrages ont fait l'objet d'un suivi au moyen de silos de laboratoires (Wyss et Arrigo 2015).

Des déterminations *in vivo* et *in sacco* ont été réalisées pour les ensilages issus des deux mélanges cultivés et pour les ensilages de triticale, d'avoine et de pois. Afin d'étudier l'additivité, les deux mélanges ont été reconstitués avec les ensilages purs pour être déterminés *in vivo* et *in sacco* (fig. 1).

L'essai de digestibilité a été réalisé avec quatre béliers castrés de race Brun Noir du pays (type Oxford) par traitement, rationnés à raison de  $1,1 \times 0,380$  MJ d'énergie métabolisable / kg de PV<sup>0,75</sup>. Les poids des béliers sont restés stables ( $88,0 \pm 10,8$  avant la période de bilan;  $88,0 \pm 10,5$  à la sortie de l'essai).

L'essai de dégradabilité a été réalisé avec trois vaches fistulées de race Holstein en gestation (poids vif  $763 \pm 86$  kg) selon la procédure habituelle (Dohme *et al.* 2007; incubation des sachets pendant 2, 4, 8, 16, 24 et 48 heures).

Parallèlement, la digestibilité de la matière organique a fait l'objet de déterminations par la méthode enzymatique (Aufrère *et al.* 2007) et par la méthode utilisant du jus de panse (Tilley et Terry 1963). >

■ **Résumé** Nécessitant peu d'intrants, les mélanges de protéagineux et de céréales-immatures (MPCI) peuvent assurer un stock de fourrage en cas de pénurie. Afin de vérifier le principe de l'additivité dans la prédiction de la valeur nutritive, des essais de digestibilité *in vivo* et de dégradabilité *in sacco* ont été effectués pour évaluer des ensilages de deux mélanges avec des teneurs en protéagineux différentes. Le mélange à basse concentration en pois (POIS-b) était constitué de 60 % de triticale, 28 % d'avoine et 13 % de pois. Le mélange à haute concentration en pois (POIS-h) était constitué de 35 % de triticale de 24 % d'avoine et 41 % de pois fourrager. Les ensilages des trois constituants des mélanges (triticale, avoine et pois fourragers) ont aussi été analysés. Des deux mélanges, POIS-h obtient les digestibilités les plus élevées pour la matière organique (76,5 vs 61,9 %). La dégradabilité *in sacco* ne distingue pas statistiquement les mélanges. POIS-h atteint 6,4 MJ NEL (énergie nette pour lactation) par kg matière sèche (MS) tandis que POIS-b n'obtient que 4,9 MJ NEL/kg MS. Les mélanges reconstitués à la crèche avec les ensilages purs obtiennent des valeurs similaires à celles des mélanges semés. L'hypothèse d'additivité des constituants pour prédire les mélanges s'est avérée bonne pour POIS-b, le mélange à dominance céréales, alors que pour POIS-h les valeurs étaient fortement sous-évaluées.

**Tableau 1** | Densité des semis et compositions botaniques des mélanges

	semis kg/ha			composition botanique, % matière fraîche			
				prévue au semis <sup>1</sup>		récoltée le 11.07.2013	
	POIS-b	POIS-h	cultures pures	POIS-b	POIS-h	POIS-b	POIS-h
Triticale (Triamant)	90	90	160	41,3	35,0	60,1	34,8
Hafer (Willand)	40	40	130	22,7	19,2	27,1	24,1
Erbsen (Arkta)	50	75	160	36,0	45,8	12,9	41,1

<sup>1</sup>Selon poids 1000 grains (triticale 45 g, avoine 35 g, pois 110 g) et poids d'une plante récoltée en mélange.

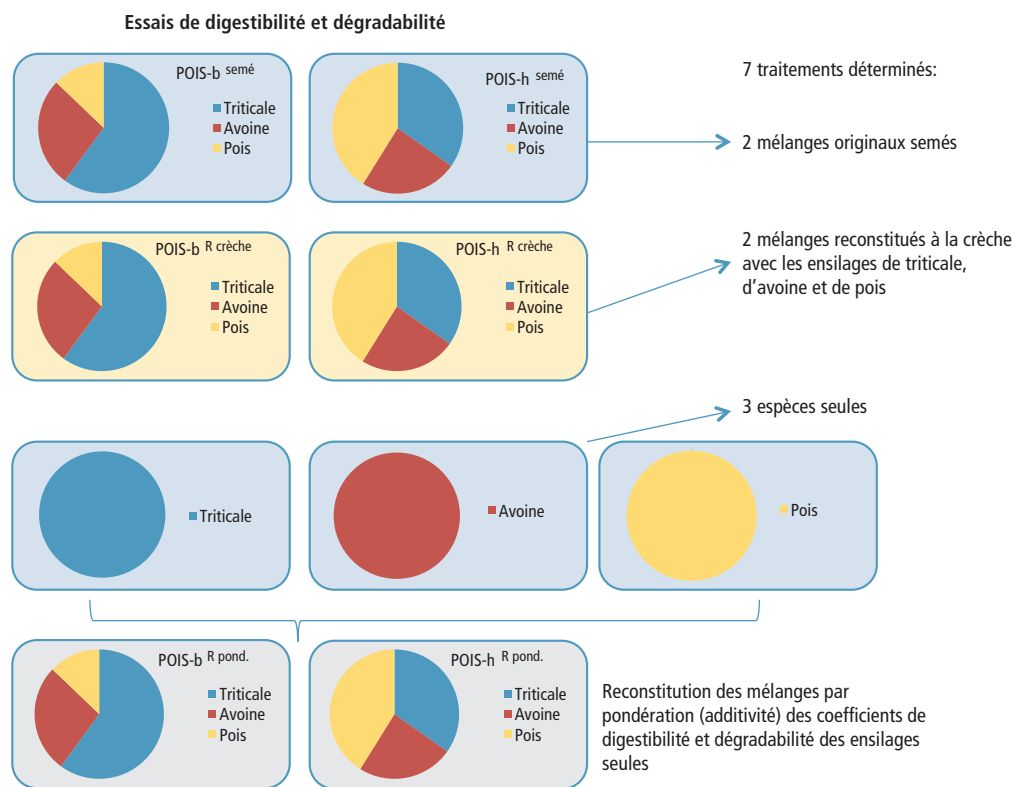


Figure 1 | Schéma expérimental.

Les valeurs nutritives ont été calculées avec les équations éditées dans le Livre Vert (Agroscope 2014) et les données expérimentales.

## Résultats

Les cultures se sont très bien développées dans de bonnes conditions climatiques. Aucune zone de verse n'a été enregistrée. Les mélanges ont atteint des rendements en MS supérieurs à ceux des cultures pures (tabl. 2). Sans tenir compte des pois dont une partie putréfiée n'a pas pu être ensilée, le rendement moyen récolté était de 7950 kg de MS par ha. Ces rendements concordent avec les résultats de 8000 kg obtenus par Coutard et Fortin en 2014.

Lors des deux dernières semaines de culture, les pois ont augmenté encore leur masse sèche de 16 % et l'avoine de 3 % alors que les deux mélanges n'ont plus beaucoup évolué et que le triticale a stagné la dernière semaine.

### Mélanges semés – mélanges récoltés

Les conditions météorologiques influencent fortement la germination et l'évolution des mélanges. Par conséquent, les compositions botaniques prévues lors du semis

et celles déterminées à la récolte divergeaient (tabl. 1). Avec une densité au semis de 50 kg/ha de pois (45 grains/m<sup>2</sup>), la part à récolter prévue au semis (36 %) n'a pas été atteinte puisque la récolte atteignait seulement 13 % (en 2012 avec 50 kg/ha, on obtenait 14 %; Arrigo 2013). Par contre, avec la densité de 75 kg/ha de pois (68 grains/m<sup>2</sup>), on approchait du taux recherché (41 % réalisé vs 46 % prévu).

Les mélanges obtiennent des teneurs en nutriments moyennes (tabl. 2). Les valeurs du mélange POIS-b correspondent assez bien à l'additivité des teneurs des ensilages produits avec les espèces pures. Pour le mélange POIS-h, les teneurs en acides aminés et en lipides obtenues par additivité des composants ne correspondent pas aux valeurs du mélange original analysé. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le facteur de pondération du triticale est nettement dominant dans le mélange POIS-b (68 %), alors qu'il ne l'est plus dans le mélange à haute teneur en pois POIS-h (45 %).

Les teneurs des ensilages (tabl. 2) montrent que le pois présente des valeurs nettement plus élevées pour la matière azotée (MA), les cendres, le calcium, le phosphore, le magnésium, le potassium, pour tous les acides aminés et pour l'acide gras alpha-linolénique (C18:3). Le pois a les teneurs les plus basses en constituants parié-

**Tableau 2 | Rendements, composition chimique des ensilages à l'affouragement, en g/kg matière sèche**

	POIS-b	POIS-h	triticale	avoine	pois
Kg matière sèche par ha récoltés	10085	7766	6813	7110	52 98 <sup>1</sup>
Matière sèche, en %	38,2	39,0	42,3	34,6	25,5
Matière azotée	69	68	64	52	158
Cellulose brute	318	316	301	326	289
Lignocellulose (ADF)	351	359	333	363	327
Parois (NDF)	514	542	501	527	439
Cendres	53	57	44	56	73
Sucres WSC (hydrosolubles)	116	118	185	84	70
Sucres ESC (solubles à l'éthanol)	85	80	112	54	25
Amidon	96	102	65	47	123
Graisse	16,1	16,7	12,6	38,1	20,4
Energie brute, en MJ	19,5	18,9	18,9	20,1	18,9
Calcium	4,4	4,9	2,1	2,4	12,6
Phosphore	2,5	2,4	2,5	2,3	4,0
Magnésium	1,1	1,2	1,1	0,9	2,1
Potassium	14,2	13,8	9,6	18,7	20,3
Acides aminés totaux	52	51	47	40	119
Lysine	2,6	2,6	1,9	1,9	6,6
Méthionine	0,9	0,9	0,9	0,8	1,8
Acide palmitique C16	2,7	2,8	2,4	5,5	3,2
Acide oléique C18:1C9	2,7	3,1	1,3	13,3	0,8
Acide linoléique C18:2C9C12	4,9	5,1	4,1	12,6	4,9
Produits fermentaires	57	71	47	71	144

<sup>1</sup>Pois rampants, récolte partielle, car un solde putréfié a été laissé au champ; l'estimation de récolte en pois sur la base des échantillons serait d'env. 15 000 kg MS/ha.

taux (cellulose brute, lignocellulose et parois), en acide oléique (C18:1) et en sucres (WSC et ESC). En revanche, l'avoine a les teneurs les plus élevées en constituants pariétaux, en graisse et en acides gras palmitique (C16:0), oléique (C18:1) et linoléique (C18:2). L'avoine présente par contre les teneurs en acides aminés les plus basses.

### Expérimentation animale

A l'exception de l'avoine, les ensilages distribués seuls n'ont pas été particulièrement appréciés par les moutons.

La dMO de l'ensilage POIS-h (riche en pois) se distingue ( $p < 0,01$ ) de celle des autres variantes. Ce mélange détient la dMO la plus élevée de l'essai, suivie par le pois et le triticale. L'avoine obtient un coefficient moyen (tabl. 3). Les ensilages différencient également ( $p < 0,01$ ) les autres nutriments. Pour la MA, le pois obtient avec 72,4 % un coefficient de digestibilité (dMA) 2,9 fois supérieur à celui de l'avoine. Le mélange POIS-b et le triticale avoisinent les 40 %. Pour les constituants pariétaux, le mélange POIS-h domine, avec des valeurs supérieures à 70 %, les autres ensilages présentent des

valeurs entre 45 et 60 %. Le mélange POIS-h, excepté pour la dMA, obtient les digestibilités les plus élevées. A l'opposé, mis à part pour les digestibilités de la cellulose brute (dCB) et de la lignocellulose (dADF), c'est l'avoine qui a les coefficients les plus bas.

La dégradabilité de la matière azotée (deMA) de l'ensilage de pois se distingue avec 84,6 % ( $p < 0,01$ ) des deux mélanges et du triticale. Avec 74,6 %, l'avoine obtient la plus petite deMA (tabl. 3).

La comparaison entre les digestibilités et dégradabilités issues des mélanges semés, des mélanges reconstitués à la crèche (ou dans les sachets nylon) ou calculées par additivité des digestibilités ou dégradabilités des espèces cultivées seules est présentée dans le tableau 4. Dans le cas du mélange POIS-b (à dominance de céréales), les dMO, dCB, digestibilité de l'énergie brute (dEB) et deMA du mélange semé ne se distinguent pas de celles du mélange reconstitué à la crèche, mais se différencient de celles obtenues par additivité ( $p = 0,03$  à  $p < 0,01$ ), qui sont plus élevées. Dans le cas du mélange POIS-h, excepté pour les dMA et dEB, les digestibilités et la dégradabilité des trois variantes sont différentes >

**Tableau 3 | Coefficients de digestibilité *in vivo* et dégradabilité *in sacco* des ensilages**

	POIS-b	POIS-h	Triticale	Avoine	Pois	S <sub>x</sub>	p
dMO	61,9 <sup>cd</sup> ±0,5	76,5 <sup>a</sup> ±2,2	65,2 <sup>bd</sup> ±3,3	58,3 <sup>c</sup> ±4,1	69,5 <sup>b</sup> ±2,4	1,4	<0,01
dMA	42,8 <sup>c</sup> ±2,9	56,1 <sup>b</sup> ±7,0	38,5 <sup>c</sup> ±2,5	24,9 <sup>d</sup> ±3,0	72,4 <sup>a</sup> ±2,3	2,3	<0,01
dCB	55,0 <sup>b</sup> ±1,3	74,6 <sup>b</sup> ±3,9	59,6 <sup>b</sup> ±3,2	58,6 <sup>b</sup> ±6,2	52,1 <sup>b</sup> ±2,9	2,0	<0,01
dADF	49,7 <sup>b</sup> ±1,1	71,4 <sup>a</sup> ±3,8	55,8 <sup>b</sup> ±1,5	53,4 <sup>b</sup> ±4,9	51,1 <sup>b</sup> ±1,4	1,6	<0,01
dNDF	47,6 <sup>bc</sup> ±0,7	72,1 <sup>a</sup> ±3,7	53,7 <sup>bc</sup> ±3,7	44,6 <sup>c</sup> ±8,2	58,5 <sup>b</sup> ±2,6	2,4	<0,01
dEB	60,3 <sup>c</sup> ±1,0	74,3 <sup>a</sup> ±2,2	61,9 <sup>bc</sup> ±3,6	57,4 <sup>c</sup> ±3,9	67,1 <sup>b</sup> ±2,1	1,4	<0,01
deMA	77,0 <sup>b</sup> ±1,9	75,7 <sup>b</sup> ±0,5	76,5 <sup>b</sup> ±1,6	71,4 <sup>c</sup> ±2,5	84,6 <sup>a</sup> ±1,0	0,9	<0,01

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

Les valeurs d'une même ligne portant un indice distinct sont statistiquement différentes. dMO = digestibilité de la matière organique; dMA = dig. de la matière azotée; dCB = dig. de la cellulose brute; dADF = dig. de la lignocellulose; dNDF = dig. des parois; dEB = dig. de l'énergie brute; deMA = dégradabilité de la matière azotée.

(p<0,01). Par additivité, on obtient, pour le mélange POIS-h, des valeurs nettement inférieures à celles des deux autres variantes, les valeurs du mélange semé étant plus élevées.

#### Prédiction de la digestibilité

Les deux méthodes de laboratoire, qui utilisent pour déterminer la dMO soit du jus de panse, soit des enzymes, sous-estiment les valeurs obtenues *in vivo*, le mélange POIS-h obtenant les plus grandes différences (>30 %) et l'ensilage de pois les plus faibles (<10 %). Les deux méthodes donnent des estimations relativement simi-

lares. La dMO de l'avoine semble être mieux évaluée par la méthode selon Tilley et Terry (1968), qui utilise du jus de panse (fig. 2).

#### Valeurs nutritives

Pour les ensilages en espèces pures, l'avoine obtient les valeurs nutritives dans la MS les plus faibles [(4,5 MJ d'énergie nette pour la production laitière (NEL), 54 g protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de l'énergie fermentescible (PAIE)], suivie du triticale (5,3 MJ NEL, 65 g PAIE) et du pois (5,6 MJ NEL, 71 g PAIE). De par sa bonne digestibilité, le mélange POIS-h riche en

**Tableau 4 | Coefficients de digestibilité des mélanges semés reconstitués et pondérés**

	POIS-b semé	POIS-b reconstitué <sup>1</sup>	POIS-b pondéré <sup>2</sup>	S <sub>x</sub>	p
dMO	61,9 <sup>b</sup>	62,1 <sup>ab</sup>	63,9 <sup>a</sup>	0,5	0,03
dMA	42,8 <sup>a</sup>	32,0 <sup>b</sup>	42,4 <sup>a</sup>	1,9	<0,01
dCB	55,0 <sup>b</sup>	56,3 <sup>ab</sup>	58,8 <sup>a</sup>	0,9	0,03
dADF	49,7 <sup>b</sup>	53,2 <sup>a</sup>	54,8 <sup>a</sup>	0,7	<0,01
dNDF	47,6 <sup>b</sup>	52,2 <sup>a</sup>	52,2 <sup>a</sup>	0,8	<0,01
dEB	60,3	59,0	61,2	0,7	0,15
deMA	77,0 <sup>b</sup>	79,8 <sup>a</sup>	77,1 <sup>b</sup>	0,7	0,05
	POIS-h semé	POIS-h reconstitué <sup>1</sup>	POIS-h pondéré <sup>2</sup>	S <sub>x</sub>	p
dMO	76,5 <sup>a</sup>	73,5 <sup>b</sup>	64,8 <sup>c</sup>	0,7	<0,01
dMA	56,1 <sup>b</sup>	66,9 <sup>a</sup>	54,6 <sup>c</sup>	2,1	<0,01
dCB	74,6 <sup>a</sup>	67,0 <sup>b</sup>	57,2 <sup>c</sup>	1,2	<0,01
dADF	71,4 <sup>a</sup>	64,9 <sup>b</sup>	53,8 <sup>c</sup>	1,2	<0,01
dNDF	72,1 <sup>a</sup>	65,5 <sup>b</sup>	52,6 <sup>c</sup>	1,2	<0,01
dEB	74,3 <sup>a</sup>	71,9 <sup>a</sup>	62,3 <sup>b</sup>	0,7	<0,01
deMA	75,7 <sup>c</sup>	83,5 <sup>a</sup>	80,5 <sup>b</sup>	0,2	<0,01

<sup>1</sup>Coefficients des mélanges reconstitués à la crèche avec les ensilages de triticale, d'avoine et de pois.

<sup>2</sup>Coefficients obtenus par pondérations des coefficients déterminés pour le triticale, l'avoine et les pois.

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

Les valeurs d'une même ligne portant un indice distinct sont statistiquement différentes. dMO = digestibilité de la matière organique; dMA = dig. de la matière azotée; dCB = dig. de la cellulose brute; dADF = dig. de la lignocellulose; dNDF = dig. des parois; dEB = dig. de l'énergie brute; deMA = dégradabilité de la matière azotée.

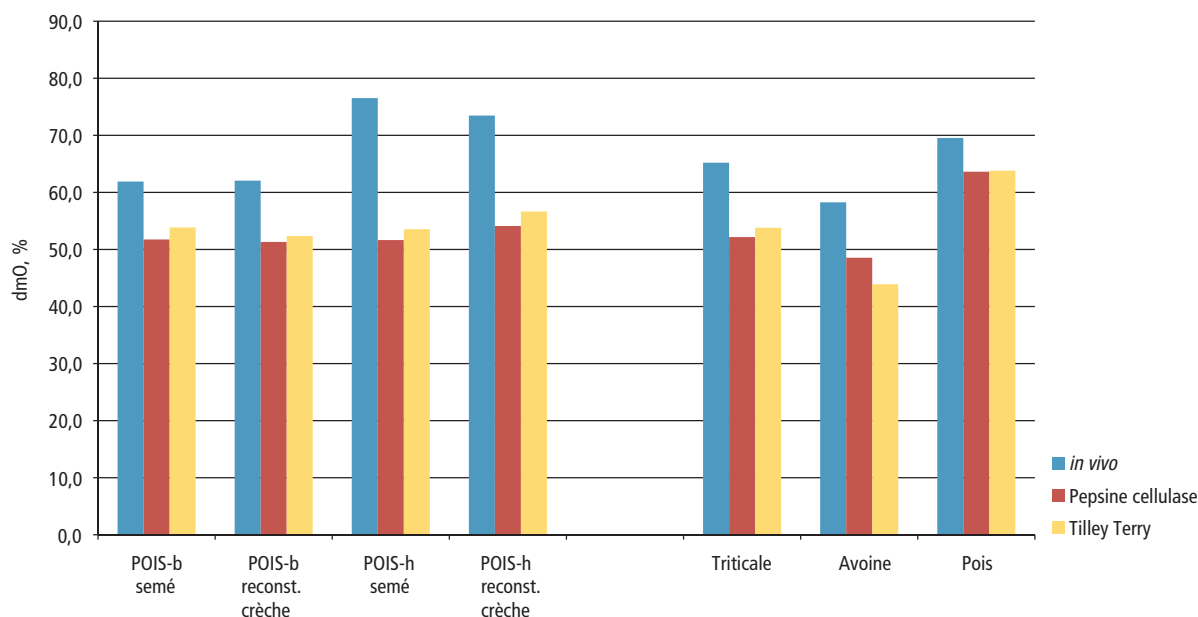


Figure 2 | Prédiction de la digestibilité de la matière organique des ensilages par méthodes de laboratoire.

pois obtient une bonne valeur nutritive de 6,4 MJ NEL, 74 g PAIE /kg MS, qui le situe au niveau d'un ensilage de maïs. Hormis celui de pois, tous les ensilages sont déficitaires en matière azotée avec un rapport inférieur à 15 g de matière azotée par MJ NEL. L'ensilage de pois atteint 28 g de MA/MJ NEL.

#### Mélanges originaux vs reconstitués vs calculés

Les deux mélanges reconstitués à la crèche obtiennent des valeurs proches de celles des mélanges originaux (tabl. 5). Par additivité des compositions chimiques, des coefficients de digestibilité et dégradabilité issus des ensilages de triticale, d'avoine et de pois, on obtient des approches

Tableau 5 | Valeurs nutritives des ensilages de pois et céréales et des mélanges

	NEL MJ / kg MS	NEV MJ / kg MS	PAIE g / kg TS	PAIN g / kg TS	MA/NEL g / MJ
Triticale	5,3 (4,8) <sup>1</sup>	5,2 (4,5)	65 (59)	39 (44)	12
Avoine	4,5 (5,0)	4,1 (4,9)	54 (60)	32 (61)	11
Pois	5,6 (5,9)	5,6 (5,9)	71 (75)	98 (96)	28
<b>mélanges</b>					
POIS-b semé <small>in vivo</small>	4,9	4,6	62	42	14
POIS-b reconst. crèche <small>in vivo</small>	5,0	4,7	60	40	13
POIS-b pond. <sup>2</sup> des ens. pures	5,2	5,0	63	42	13
POIS-b pond. <sup>3</sup> coeff. LV + teneurs ensilages seuls	5,0	4,7	63	42	14
POIS-b pond. <sup>4</sup> valeurs LV	4,9	4,8	61	52	18
<b>mélanges</b>					
POIS-h semé <small>in vivo</small>	6,4	6,6	74	42	11
POIS-h reconst. crèche <small>in vivo</small>	6,1	6,1	70	52	14
POIS-h pond. <sup>2</sup> des ens. pures	5,2	5,0	64	55	17
POIS-h pond. <sup>3</sup> coeff. LV + teneurs ensilages seuls	5,2	5,1	64	42	13
POIS-h pond. <sup>4</sup> valeurs LV	5,2	5,1	64	64	21

NEL énergie nette pour lactation; NEV = énergie nette viande; 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.

<sup>1</sup>Entre parenthèses: valeurs éditées dans la feed base (Agroscope 2014).

<sup>2</sup>Calculé par pondération des compositions chimiques et des coefficients dMO, dMA et deMA, etc. des ensilages expérimentés en pure.

<sup>3</sup>Pondérations des coefficients dMO, dMA et deMA des constituants édités dans la feed base (LV) et des nutriments issus des mélanges analysés.

<sup>4</sup>Pondérations des valeurs NEL, NEV, PAIE ou PAIN des constituants édités dans la feed base (LV).

divergentes selon les mélanges. Pour le mélange POIS-b, dominé par les céréales, les valeurs pondérées sont légèrement surestimées (6 % pour les NEL), alors que pour le mélange POIS-h les valeurs calculées sont nettement sous-estimées (-19 % pour les NEL).

Cette différence d'estimation entre les mélanges se retrouve également lorsqu'on utilise les valeurs dMO et deMA des tables (Agroscope 2014) dans le calcul.

La prédiction simpliste qui consiste à pondérer les valeurs NEL, NEV, PAIE et PAIN éditées dans les tables (Agroscope 2014) pour les ensilages de triticale, d'avoine et de pois donne des valeurs proches pour le mélange POIS-b, mais sous-estime aussi la prédiction du mélange POIS-h.

Dans le cas de l'utilisation d'une dMO «universelle» de 65 % [(valeur moyenne des 2 mélanges étudiés dans cet essai et des trois réalisés en 2012 (Arrigo 2014)], le mélange POIS-b obtiendrait une valeur énergétique de 5,2 vs 4,9 MJ NEL et de 64 vs 62 g PAIE, soit une surévaluation énergétique de 6 % et protéique de 4 %. Quant au mélange POIS-h, en obtenant 5,2 vs 6,4 MJ NEL et 64 vs 74 g PAIE, il serait sous-estimé de 18 % pour les NEL et de 14 % pour la matière azotée.

## Conclusions

Une prédiction de la valeur nutritive des MCPI requiert impérativement une analyse botanique à la récolte pour établir les coefficients (dMO, dMA, deMA) par additivité, car les quantités semées ne reflètent pas la composition botanique à la récolte.

Dans cet essai, le principe d'additivité fonctionne relativement bien pour prédire le mélange dominé par le triticale, c'est-à-dire avec peu d'influence des deux autres plantes dans le calcul. Par contre, pour le mélange POIS-h, qui avait une composition botanique plus proportionnée entre les espèces et une digestibilité très élevée, la prédiction selon le principe d'additivité était nettement sous-estimée.

Ce travail souligne la fragilité de la prédiction de la valeur nutritive par additivité d'un mélange sans dominance d'un type de plantes (céréales ou protéagineuses). La prédiction à l'aide d'équations basées sur la composition botanique ou certains nutriments serait plus appropriée et pourrait améliorer la prédiction des MCPI, mais cela nécessite encore la récolte de nombreuses données. Les prédictions des dMO avec les méthodes de laboratoire pourraient faciliter cette acquisition de données. Sous-estimant cependant les dMO *in vivo* des MCPI, elles devraient ponctuellement être validées par des essais *in vivo*. ■

## Riassunto

### Digeribilità e degradabilità degli insilati di piante intere di cereali e piselli

Le miscele di piante proteiche e cereali interi non ancora maturi sono poco impegnative in termini di lavoro e cura. Esse garantiscono quindi uno stock di foraggio in caso di penuria. Per valutare il principio di additivazione nella stima del valore nutritivo, sono state effettuate prove di digeribilità in vivo e di degradabilità in sacco su insilati composti da due miscele diverse con percentuali di piante proteiche differenti. La miscela POIS-b, con una percentuale bassa di piselli, era composta da 60 % di triticale, 28 % d'avena e 13 % di piselli. La miscela POIS-h, con una percentuale elevata di piselli, conteneva 35 % di triticale, 24 % d'avena e 41 % di piselli. Gli stessi test sono stati condotti anche sulle rispettive componenti (triticale, avena e piselli).

La miscela POIS-h è risultata la più digeribile (per sostanza organica 76,5 vs 61,9 %). Non si sono invece riscontrate differenze tra le due miscele per quanto riguarda la degradabilità della proteina grezza nel rumine. Il valore nutritivo di POIS-h ammonta a 6,4 MJ di energia netta per la lattazione (NEL) per kg di sostanza secca (SS), mentre quello di POIS-b soltanto a 4,9 MJ NEL/kg SS. Le miscele ricostituite con insilati puri in mangiatoia raggiungono valori simili a quelli ottenuti dalle miscele seminate. L'ipotesi dell'additivazione, in cui per la stima dei valori nutritivi delle miscele vengono addizionate le singole componenti, si è confermata valida per POIS-b, la miscela con una percentuale dominante di cereali, mentre per POIS-h i valori sono risultati decisamente sottovalutati.

### Bibliographie

- Agroscope, 2014. 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>. [10.10.2014].
- Aufrère J., Baumont R., Delaby L., Peccatte J.-R., Andrieu J., Andrieu J.-P., Dulphy J.-P., 2007. Prédiction de la digestibilité des fourrages par la méthode pepsine-cellulase. Le point sur les équations proposées. *INRA Prod. Anim.* **20** (2), 129–136.
- Arrigo Y., 2014. Estimation de la valeur nutritive d'ensilages de mélanges protéagineux et céréales immatures. *Recherche Agronomique Suisse* **5** (2), 52–59.
- Coutard J.P., Fortin J., 2014. Les associations céréales/protéagineux récoltées immatures: assemblages, valeurs nutritives et valorisation par les vaches allaitantes. *Rech. Ruminants* **21**, 93–96.

## Summary

### Digestibility and degradability of silages from whole-plant pea-cereal mixtures

Requiring few inputs, protein plant-immature cereal mixtures can guarantee forage stocks in times of shortage. In order to test whether and how the principle of additivity predicts nutritional value, we conducted in vivo digestibility tests and in sacco degradability tests (crude protein degradability, CPD) to evaluate silages from two mixtures with different protein-plant (i.e., pea) contents. The mixture with low pea content, PEAS-l, contained 60 % triticale, 28 % oats and 13 % peas, whereas that with high pea content, PEAS-h, contained 35 % triticale, 24 % oats and 41 % peas). The same tests were conducted with the silages of the constituents (triticale, oats and forage peas). Of the two mixtures, PEAS-h had the highest digestibility figures (for organic matter: 76.5 vs. 61.9 %). The CPD was statistically similar between the mixtures. Furthermore, PEAS-h produced 6.4 MJ net energy content for lactation (NEL) per kg of dry matter (DM), whereas PEAS-l produced 4.9 MJ NEL/kg DM. Mixtures reconstituted at the manger with the pure silages produced values similar to those of sown mixtures. The constituent additivity hypothesis correctly predicted the values for PEAS-l, the cereal-dominated mixture, but strongly underestimated those for PEAS-h.

**Key words:** digestibility; degradability; pea-cereal mixtures, nutritive values, additivity.

- Dohme F., Graf C. M., Arrigo Y., Wyss U. et 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, *Anim. Feed Sci. Technol.* **138**, 205–227.
- Tilley J. M. A. & Terry R. A., 1963. A two stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* **18**, 104–111.
- Wyss U. & Arrigo Y., 2015. Qualité des ensilages plantes entières de triticale, d'avoine et de pois fourragers. *Recherche Agronomique Suisse* **6** (4), 152–159, 2015.