

Digestibilité de l'ensilage de powermaïs distribué seul ou en rations mélangées

Yves Arrigo, Ueli Wyss et Isabelle Morel

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

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



Figure 1 | Ensileuse automotrice équipée pour la récolte de 3 rangs en plantes entières et 3 rangs d'épis. (Photo: Jean-Luc Oberson, Agroscope)

Introduction

Par powermaïs, on entend un fourrage composé d'une part de maïs plante entière et d'une part d'épis dont le reste de la plante est laissé au champ lors de la récolte (MPEE: maïs plante entière + épis). Le but de ce procédé est d'augmenter la valeur énergétique du produit. Ce fourrage est principalement distribué sous forme d'ensilage aux bovins à l'engraissement. Vu les caractéristiques particulières de ce fourrage, il était pertinent d'en connaître sa valeur nutritive et par conséquent sa digestibilité. Pour cerner au plus près la digestibilité de la matière organique (dMO), celle-ci a été déterminée *in vivo* avec les moutons. Cet ensilage, qui est plus riche en amidon et moins structuré, n'entre plus dans la catégorie des fourrages, mais il n'est pas pour autant un aliment simple. De ce fait, sa détermination *in vivo* en ration unique pourrait aboutir à des valeurs erronées. Pour

assurer un résultat plausible, la dMO a été déterminée en ration unique d'ensilage de MPEE et par différence à partir de rations associées à du foin. Au-delà de la valeur dMO, l'effet de la composition de la ration sur la dMO du MPEE ainsi que la validation des équations de prédiction de la dMO du maïs ont été étudiés.

Animaux, matériel et méthode

La détermination de la digestibilité apparente a été réalisée avec quatre béliers castrés adultes de race tête brune (type Oxford) par traitement. Les animaux ont été habitués progressivement à l'ensilage de MPEE une dizaine de jour avant la phase d'adaptation en groupe. Ils ont été répartis dans les traitements selon leur âge ($3,4 \pm 2,0$ ans) et poids ($88,0 \pm 10,6$ kg). Après trois semaines d'adaptation (une semaine en groupe et deux semaines en garde individuelle), les animaux ont été équipés d'un

Tableau 1 | Composition chimique des fourrages expérimentaux

| | Foin | Ensilage powermaïs 3+3 ¹⁾ | Ensilage maïs 55% épis selon Feedbase.ch ²⁾ |
|-------------------------------------|------|--------------------------------------|--|
| Matière sèche, en % | 89,3 | 42,6 | 32,0 |
| Matière azotée | 84 | 76 | 76 |
| Cellulose brute | 265 | 144 | 210 |
| Cendres | 65 | 26 | 50 |
| Lignocellulose, ADF | 291 | 172 | 243 |
| Parois, NDF | 505 | 324 | 456 |
| Calcium | 3,4 | 1,0 | 1,8 |
| Phosphore | 2,9 | 2,3 | 2,2 |
| Magnésium | 1,2 | 1,2 | 1,1 |
| Potassium | 25,3 | 7,5 | 10,3 |
| Energie brute, en MJ | 18,3 | 19,1 | 18,6 |
| Amidon | - | 499 | 315 |
| Graisse | 17,8 | 43 | 32 |
| Alanine | - | 6,0 | 5,5 |
| Arginine | - | 1,7 | 2,7 |
| Asparatine | - | 5,6 | 5,3 |
| Cystine | - | 1,2 | 1,3 |
| Ac. glutamique | - | 11,5 | 9,9 |
| Glycine | - | 3,1 | 3,0 |
| Histidine | - | 1,9 | 1,7 |
| Isoleucine | - | 2,9 | 2,6 |
| Leucine | - | 8,5 | 7,9 |
| Lysine | - | 2,1 | 2,1 |
| Méthionine | - | 1,4 | 1,2 |
| Phénylalanine | - | 3,7 | 3,2 |
| Proline | - | 8,8 | 6,3 |
| Sérine | - | 3,6 | 3,1 |
| Thréonine | - | 3,0 | 2,9 |
| Tryptophane | - | 0,6 | 0,6 |
| Tyrosine | - | 1,8 | 2,0 |
| Valine | - | 3,8 | 3,6 |
| C18:2n-6 (ac. linoléique) | 2,2 | 21,1 | 16,1 |
| C18:1 (ac. oléique) | 0,4 | 11,8 | 7,3 |
| Produits fermentaires ³⁾ | - | 54 | 62,4 |
| pH | | 4,1 | |
| Acide lactique | | 43 | |
| Acide acétique | | 8 | |
| Acide propionique | | 0 | |
| Acide butyrique | | 0 | |
| Ethanol | | 3 | |

¹⁾ Ensilage de maïs 3+3 comprenant 3 rangs de plantes entières et 3 rangs d'épis

²⁾ Base suisse de données des aliments pour animaux: www.feedbase.ch

³⁾ Acides lactique, acétique, butyrique et propionique ainsi qu'éthanol

Résumé

L'ensilage de powermaïs ou MPEE (mélange de maïs plante entière et d'épis), utilisé principalement en engraissement bovin, a des caractéristiques différentes de celles du maïs plante entière (PE). Un essai de digestibilité a été mené pour en cerner la valeur nutritive, étudier l'influence de la composition de la ration et vérifier l'application des équations de prédiction de la digestibilité. Quatre rations comprenant 20 %, 50 %, 80 % ou 100 % d'ensilage de MPEE et du foin ont été distribuées à des béliers castrés. Par rapport aux teneurs d'un ensilage de maïs avec 55 % d'épis publiées dans les tables, le MPEE avait des teneurs supérieures en amidon (+58 %), en graisse (+34 %) et en acides gras (+31 à +62 %) et inférieures en constituants pariétaux (env. -30 %). Plus les rations contenaient de MPEE, moins la digestibilité des constituants pariétaux était bonne. La digestibilité de la matière organique, de la matière azotée et des parois (NDF) de l'ensilage de MPEE n'a pas été influencée par la composition de la ration ($P > 0,1$). L'équation pour maïs PE a correctement prédit la digestibilité du MPEE issu des rations qui en contenaient de 50 % à 80 %; en ration unique (100 %), l'équation pour maïs non PE était plus appropriée. Le MPEE obtenait des valeurs énergétiques (NEL, NEV) supérieures de 10–13 % aux valeurs d'un ensilage de maïs usuel.

harnais pour la récolte des fèces lors de deux périodes de quatre jours. Les rations ont été établies en fonction du poids des animaux (0,380 MJ énergie métabolisable/kg $PV^{0,75} \times 1,1$ ou 40 g MS/kg $PV^{0,75}$). Les rations contenaient 0 %, 20 %, 50 %, 80 % ou 100 % de la matière sèche (MS) en ensilage de MPEE complétées par du foin. La ration 0 % déterminait la digestibilité du foin nécessaire au calcul de la digestibilité par différence (déduction à la ration des nutriments digestibles du foin et du tourteau de soja). De 30 à 50 g MS/j de tourteau de soja complétait les rations pour atteindre au moins 110 g de matière azotée par kg de MS. Un complément minéral assurait un apport de 1,6 g/j de sodium.

Le MPEE a été récolté le 13.10.2014 selon le ratio 3+3 (trois rangs PE et trois rangs d'épis, fig.1), puis conservé en silo tour sans agent de conservation. L'ensilage de

Tableau 2 | Digestibilité des rations

| | Foin 100 % | Powermaïs 20 % dans ration | Powermaïs 50 % dans ration | Powermaïs 80 % dans ration | Powermaïs 100 % dans ration | S \bar{x} | p |
|------|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------|--------|
| dMO | 79,8 | 78,6 | 80,1 | 79,6 | 77,0 | 1,0 | 0,24 |
| dMA | 56,0 | 56,9 | 57,4 | 57,8 | 52,9 | 1,7 | 0,30 |
| dCB | 81,6 ^a | 78,0 ^{ab} | 77,3 ^{ab} | 70,2 ^b | 59,7 ^c | 2,2 | <0,001 |
| dADF | 81,4 ^a | 75,5 ^{ab} | 72,4 ^{ab} | 66,1 ^b | 53,3 ^c | 2,2 | <0,001 |
| dNDF | 78,4 ^a | 74,3 ^{ab} | 72,5 ^{ab} | 66,2 ^{bc} | 55,6 ^c | 2,3 | <0,001 |
| dEB | 76,5 | 74,9 | 77,6 | 76,3 | 73,9 | 1,3 | 0,33 |

S \bar{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 dig. matière azotée; dCB dig. cellulose brute; dADF dig. lignocellulose; dNDF dig. parois; dEB dig. énergie brute.

MPEE a été désilé en même temps que celui destiné à d'autres essais afin d'assurer une quantité de reprise quotidienne suffisante. Le foin associé au MPEE dans les rations était un fourrage séché en grange de type GR récolté au stade 3.

Les équations pour la prédiction de la dMO pour le maïs édités dans les Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive pour les ruminants (Livre vert, Agroscope 2015; Arrigo et Stoll 2012; voir encadré) ont été utilisées pour les prédictions de la dMO et pour le calcul des valeurs nutritives (énergie nette lait, NEL; énergie nette viande, NEV et protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de l'énergie disponible, PAIE).

Résultats et discussion

Composition chimique des fourrages

La composition chimique de l'ensilage de MPEE se différencie par rapport à celle d'un ensilage de maïs usuel

comportant 55 % d'épis, éditée dans la Base suisse des données des aliments pour animaux (www.feedbase.ch; tabl. 1). L'ensilage obtenait des teneurs plus élevées en amidon (+58 %), en graisse (+34 %) en acides gras (+31 à +62 %) et en acide aminé proline (+40 %); il avait en revanche des teneurs inférieures en constituants pariétaux (env. -30 %), en calcium (-44 %), en potassium (-27 %) et en arginine (-37 %). Les autres nutriments se différenciaient dans une moindre mesure.

Digestibilité des rations et de l'ensilage de powermaïs

La dMO ainsi que la digestibilité de la matière azotée (dMA) et de l'énergie brute (dEB) des différentes rations ne se sont pas distinguées statistiquement en fonction de la part en MPEE (tabl. 2); cependant, les rations qui contenaient 50 % et 80 % de MPEE obtenaient les coefficients de digestibilité les plus élevés. Plus les rations contenaient de MPEE, moins la digestibilité des constituants pariétaux était bonne ($p < 0,01$).

Tableau 3 | Digestibilité de l'ensilage de powermaïs

| | Powermaïs 20 % dans ration | Powermaïs 50 % dans ration | Powermaïs 80 % dans ration | Powermaïs 100 % dans ration | S \bar{x} | p |
|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------|------|
| dMO | 74,2 | 80,4 | 79,6 | 77,0 | 1,7 | 0,10 |
| dMA | 56,4 | 59,0 | 58,3 | 52,9 | 2,7 | 0,38 |
| dCB | 53,0 ^b | 69,4 ^a | 64,9 ^{ab} | 59,7 ^{ab} | 3,8 | 0,04 |
| dADF | 36,8 ^b | 57,4 ^a | 59,6 ^a | 53,3 ^{ab} | 4,3 | 0,01 |
| dNDF | 49,3 | 63,4 | 61,4 | 55,6 | 4,0 | 0,10 |
| dEB | 68,8 ^b | 77,6 ^{ab} | 76,3 ^a | 73,9 ^{ab} | 1,9 | 0,03 |

S \bar{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 dig. matière azotée; dCB dig. cellulose brute; dADF dig. lignocellulose; dNDF dig. parois; dEB dig. énergie brute.

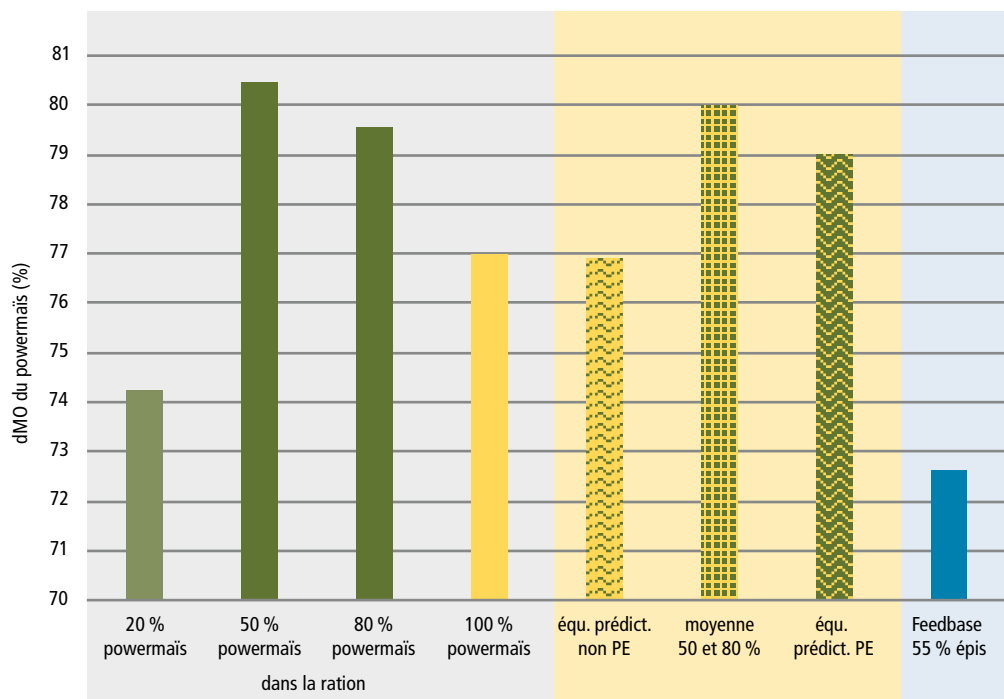


Figure 2 | Digestibilité de la matière organique du powermaïs selon la part dans la ration vs selon les équations de prédiction vs ensilage maïs 55 % épis des tables (Feedbase).

Concernant la digestibilité de l'ensilage de MPEE (en ration unique ou obtenue par différence), les coefficients ne se sont pas distingués statistiquement en fonction du type de rations dont ils étaient issus pour la dMO ($p=0,1$), la dMA ($p=0,4$) et pour la digestibilité des parois (dNDF, $p=0,1$). Par contre, la digestibilité de la cellulose (dCB, $p=0,04$), de la lignocellulose (dADF, $p=0,01$) et la dEB ($p=0,03$) du MPEE issues de la ration avec 80 % de foin obtenait les coefficients les plus faibles (tabl. 3). Cependant, ce type de ration dans laquelle le fourrage à étudier ne représente pas la majeure partie du mélange ne souscrit pas à la méthodologie pour obtenir des valeurs par différence (Rymer 2000). Aussi, dans les comparaisons avec les prédictions présentées ultérieurement, cette dMO n'a pas été retenue. Les dMO du MPEE par différence issues des régimes qui en contenaient 50

et 80 % donnaient des valeurs légèrement plus élevées ($p=0,1$) que celle obtenue à partir du régime à 100 % de MPEE. Ces résultats corroborent ceux de Losand et Merke (2011) qui obtenaient une dMO d'ensilage de maïs en ration unique inférieure de 1,3 point-pourcent à celle obtenue par différence à partir de rations contenant de 10 à 50 % de foin ou d'ensilage d'herbe.

Prédiction de la digestibilité de l'ensilage de MPEE

La dMO de l'ensilage issue de la ration à 100 % de powermaïs a été bien prédite avec l'équation pour maïs non PE (tabl. 4). Si on considère que ce genre de fourrage n'est pas distribué en ration unique et que l'on prend la moyenne des dMO (issues des rations 50 et 80 % de MPEE), on obtient une valeur proche de celle calculée avec l'équation pour maïs PE (fig. 2) et légèrement supé-

Tableau 4 | Digestibilités *in vivo* et par équations de prédiction pour le maïs

| | <i>in vivo</i> powermaïs 100% | <i>in vivo</i> \bar{x} 50-80 | ALP12 PE ¹⁾ | ALP12 _{CB} ²⁾ | ALP12 non PE ³⁾ |
|-----|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| dMO | 77,0 | 80,0 | 79,1 | 78,5 | 76,9 |
| dMA | 52,9 | 58,7 | 55,0 | 55,0 | 55,0 |

¹⁾ ALP12 PE équation prédiction Agroscope 2012 pour maïs plante entière.

²⁾ ALP12 CB équation prédiction Agroscope 2012 pour maïs basée sur la cellulose brute.

³⁾ ALP12 non PE équation prédiction Agroscope 2012 pour maïs non plante entière (PE partielle ou enrichie). dMO digestibilité matière organique; dMA digestibilité matière azotée.

Tableau 5 | Valeurs nutritives de l'ensilage de powermaïs calculées à partir des digestibilités *in vivo* ou prédites vs ensilage de maïs Feedbase¹⁾

| dMO | <i>in vivo</i> 100% | <i>in vivo</i> \bar{x} 50-80% | ALP12 PE ²⁾ | ALP12 CB ³⁾ | ALP12 non PE ⁴⁾ | 55 % épis Feedbase ¹⁾ |
|-------------|---------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| dMO / dMA | 77,0 / 52,9 | 80,0 / 58,7 | 79,1 / 55,0 | 78,5 / 55,0 | 77,0 / 55,0 | 72,6 / 55,6 |
| NEL, MJ | 6,9 | 7,2 | 7,1 | 7,1 | 6,9 | 6,3 |
| NEV, MJ | 7,2 | 7,7 | 7,5 | 7,5 | 7,2 | 6,4 |
| PAIE, g | 65 | 68 | 67 | 66 | 65 | 65 |
| PPL NEL kg | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,2 | 2,0 |
| PPL PAIE kg | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |

¹⁾ Base suisse de données des aliments pour animaux: www.feedbase.ch.

²⁾ ALP12 PE équation prédiction Agroscope 2012 pour maïs plante entière.

³⁾ ALP12 CB équation prédiction Agroscope 2012 pour maïs basée sur la cellulose brute.

⁴⁾ ALP12 non PE équation prédiction Agroscope 2012 pour maïs non-plante entière (PE partielle ou enrichie). NEL énergie nette pour lactation; NEV énergie nette viande; PAIE protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de l'énergie disponible; PPL NEL potentiel production lait (NEL/3,14) PPL PAIE potentiel production lait (PAIE/50).

rieure (+1,5 point-pourcent) à celle calculée avec l'équation pour maïs PE à partir de la cellulose brute (tabl. 4).

Valeur nutritive de l'ensilage de powermaïs

La valeur énergétique (NEL, NEV) de l'ensilage de MPEE était supérieure de 10 à 13 % à celle de l'ensilage de maïs avec 55 % d'épis (Base suisse de données des aliments pour animaux: www.feedbase.ch; tabl. 5). De cet essai, deux valeurs nutritives en ressortent, une issue de la ration unique en MPEE qui avait une valeur légèrement inférieure à la deuxième obtenue avec la dMO moyenne (rations 50-80) qui reflète d'avantage la distribution usuelle. Les différences sont de l'ordre de 0,2 MJ NEL (3 %), ce qui correspond à environ 65 g de lait par kg de MS ingérée et 0,3 MJ NEV (4 %) à environ 15 g de croît moyen/kg MS ingéré.

Conclusions

La digestibilité de la matière organique et de la matière azotée de l'ensilage de powermaïs n'a pas été influencée par la ration. Par contre, la digestibilité des constituants pariétaux issue de la ration avec 80 % de foin était la plus élevée et s'est distinguée statistiquement des autres. Le choix de l'équation de prédiction de la dMO dépend de la part de powermaïs dans la ration; entre 50 et 80 %, l'équation pour maïs plante entière serait la plus appropriée, au-delà de 80 % celle pour maïs non-plante entière serait la plus réaliste.

Le powermaïs n'a pas été meilleur en affouragement unique. Associé à du foin, il a été bien mis en valeur dans les rations avec 20 % et 50 % de foin.

La détermination par différence de la digestibilité du powermaïs à partir de rations avec du foin surestime légèrement la digestibilité. ■

Encadré | Equations de prédiction de la digestibilité du maïs

(éditées dans les Apports recommandés pour les ruminants, Livre Vert)

ALP12 Maïs plante entière à partir de CB

$$\text{MOD} = 1,2812 \times ((79,4 + 0,0652 \text{ MA}_{\text{MO}} - 0,0591 \text{ CB}_{\text{MO}})/100 \times \text{MO}) - 180,35$$

ALP12 Maïs plante entière (PE)

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

ALP12 Maïs non-plante entière (PE partielle ou enrichie)

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

$$\text{dMO} = \text{MOD}/\text{MO}$$

MO matière organique; dMO digestibilité matière organique; MOD matière organique digestible; MA matière azotée; CB cellulose brute; ENA extractif non azoté; HEM hémicellulose; NDF parois

Riassunto**Digeribilità dell'insilato di powermaïs distribuito da solo o in razioni miste**

L'insilato di powermaïs (MPIS), miscela di Mais pianta intera (PI) e Spighe, utilizzato per l'ingrasso di bovini, ha delle caratteristiche diverse rispetto al mais PI. È stato condotto uno studio di digeribilità con lo scopo di definire il valore nutrizionale, studiare l'influenza della composizione e della razione e verificare l'applicazione delle equazioni di previsione della digeribilità. Quattro razioni comprendenti il 20 %, 50 %, 80 % o 100 % di insilato di MPIS e di fieno sono state distribuite a montoni castrati. Rispetto ai tenori di un insilato di mais con il 55 % di spighe pubblicati nelle tabelle, l'MPIS aveva dei tenori superiori di amido (+58 %), di grasso (+34 %) e di acidi grassi (+31 % fino a +62 %) e inferiori di componenti parietali (circa -30 %). Più le razioni contenevano MPIS, meno la digeribilità dei componenti parietali era buona. La digeribilità della materia organica, della materia azotata e delle fibre (NDF) dell'insilato MPIS non è stata influenzata dalla composizione della razione ($P > 0,1$). L'equazione per il mais PI ha correttamente previsto la digeribilità dell'MPIS nelle dalle razioni che ne contenevano dal 50 all'80 %; per la razione unica (100 %), l'equazione per il mais non PI non era più appropriata. L'MPIS ha ottenuto dei valori energetici (NEL, NEV) superiori del 10–13 % rispetto ai valori di un insilato di mais comune.

Summary**Digestibility of power maize silage fed alone or in mixed rations**

Power maize silage (WPMC) – a mixture of whole-plant maize and cobs used in cattle fattening – has different characteristics from whole-plant maize (WPM). A digestibility test was carried out to determine the nutritional value of WPMC, study the influence of the composition of the ration and verify the application of equations predicting digestibility. Four rations comprising 20 %, 50 %, 80 % or 100 % WPMC silage and hay were fed to wethers. Compared to the nutrient content of a maize silage containing 55 % cobs published in the tables, WPMC had a 58 % higher starch content, a 34 % higher fat content, a 31 to 62 % higher fatty-acid contents and an approx. 30 % lower parietal constituent content. The higher the WPMC content of the rations, the less favourable the digestibility of the parietal constituents. Digestibility of the organic matter, crude protein and cell walls (NDF) of power maize silage was not influenced by the composition of the ration ($P > 0.1$). The equation for whole-plant maize correctly predicted the digestibility of power maize silage from rations containing 50 to 80 % WPMC; with 100 % power maize silage, the equation for non-whole-plant maize was more appropriate. WPMC obtained energy values (NEL, NEV) 10 to 13 % higher than those of a common maize silage.

Key words: maize silage, digestibility.

Bibliographie

- Agroscope, 2015. Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive pour les ruminants (Livre vert). 15 Formules et équations de prédiction. Accès: <http://www.agroscope.admin.ch/futtermitteldatenbank/04834/index.html?lang=fr> [26.04.2016].
- Arrigo Y. & Stoll P., 2012. Estimation de la valeur nutritive de l'ensilage de maïs. *Recherche Agronomique Suisse* 3 (9), 442–449.
- Feedbase.ch, 2015. Agroscope, Base suisse de données des aliments pour animaux.
- Accès: <http://www.agroscope.admin.ch/futtermitteldatenbank/index.html?lang=fr>[05.2015]
- Losand B., Priepke A., Pries M., Menke A., 2011. Verdaulichkeitsversuche mit Maissilagen im Direkt- oder Differenzversuch?. Tagungsband Futterkonservierung und Fütterung Deutsches Maiskomitee 22–23.03.2011. Haus Riswick, Kleve, D.
- Rymer C., 2000. The Measurement of Forage digestibility In Vivo. In: Forage Evaluation in Ruminant (Ed. Given I. et al.). CABI Publishing Wallingford UK, 113–134.