

Prévision de la valeur énergétique des mélanges céréales - protéagineux ensilés

G. Maxin¹, Y. Arrigo², D. Dozias³, D. Andueza¹, A. Le Morvan¹, R. Baumont¹, L. Delaby⁴

1 : INRA, UMR 1213 Herbivores, Site de Theix, F-63122 Saint-Genès-Champanelle ; gaelle.maxin@clermont.inra.fr

2 : Agroscope, Institut des sciences en production animale, 1725 Posieux (Suisse)

3 : INRA, UE 326 Domaine expérimental du Pin-au-Haras, F-61310 Exmes

4 : INRA, UMR 1348 Pegase, F-35590 Saint-Gilles.

L'utilisation de mélanges céréales - protéagineux ensilés se développe actuellement chez les éleveurs de ruminants dans le cadre d'une recherche d'autonomie fourragère, d'économie d'intrants et d'adaptation au changement climatique. Cultiver des protéagineux en association avec des céréales présente de nombreux avantages agronomiques, environnementaux et économiques (PELZER *et al.*, 2012). Ces associations permettent également d'améliorer le rendement et la teneur en matières azotées totales (MAT) de l'ensilage en comparaison à des ensilages de graminées ou de céréales pures (SALAWU *et al.*, 2002 ; COUTARD et FORTIN, 2014). La **valeur énergétique** de ces mélanges est cependant **mal connue en raison du nombre limité de mesures *in vivo* de la digestibilité** de la matière organique (dMO) de ces fourrages et de la grande diversité des mélanges utilisés. Il n'existe pas aujourd'hui d'équation de prévision de la dMO de ces ensilages. La prévision de leur valeur énergétique est basée sur la méthode INRA (2007), en utilisant par expertise les équations de prévision de la dMO établies pour les graminées et les légumineuses fourragères ou encore le maïs, ce qui n'est certainement pas satisfaisant. L'objectif de ce travail **était d'étudier les relations entre la dMO mesurée *in vivo* et les caractéristiques chimiques et enzymatiques** de différents ensilages de mélanges céréales - protéagineux afin **de proposer une méthode de prévision de la dMO spécifique** à ces ensilages.

1. Matériel et méthodes

Les 16 données d'essais *in vivo* réalisés entre 2010 et 2014 dans deux fermes expérimentales : Le Pin-au-Haras, INRA, en France (2 essais) et Posieux, Agroscope, en Suisse (2 essais) **ont été utilisées**. Au Pin-au-Haras, les mélanges testés dans le premier essai (décrit par MAXIN *et al.*, 2016), étaient **pois + vesce** avec comme céréale du **blé**, du **triticale imberbe** ou du **triticale barbu**. Ces trois mélanges ont été récoltés à **deux stades** : **précoce** (stade immature pour les 3 espèces) et **tardif** (stade laiteux-pâteux pour la céréale). Le mélange du deuxième essai du Pin était **blé + pois** récolté à **deux stades précoce et tardif**. Les mélanges testés à Posieux étaient composés de **pois fourrager, triticale et avoine** et ont été récoltés au stade tardif. Les mélanges se distinguaient par la densité de semis du pois, les protocoles de ces deux essais ont été décrits précédemment par ARRIGO *et al.* (2014 et 2015). Les différents fourrages ont été ensilés avec (pour 3 ensilages) ou sans conservateur et après préfanage pour les fourrages récoltés au stade précoce.

Dans tous ces essais, la **dMO a été mesurée *in vivo* sur des lots de 4 à 6 béliers castrés**. La **composition botanique** des mélanges a été déterminée à la récolte. Des **analyses chimiques** : matières minérales (MM), MAT, cellulose brute (CB), parois et lignocellulose (NDF et ADF) et digestibilité pepsine-cellulase (dCs, AUFRERE *et al.*, 2007) **ont été réalisées** sur les échantillons d'ensilage. Les relations statistiques (régression linéaire, régression pas à pas) entre la dMO et la composition chimique et la dCs des ensilages ont été testées avec le logiciel Minitab® (version 16).

2. Résultats et discussion

La composition chimique et la digestibilité des différents ensilages sont présentées Tableau 1. La **teneur en MAT des ensilages varie de 54 à 161 g/kg MS** et la **teneur en ADF de 302 à 398 g/kg MS**. En moyenne, la **dMO est de 63,7%**, cette valeur est cohérente avec celles mesurées précédemment (ADESOGAN *et al.*, 2002).

TABLEAU 1 – Composition chimique et digestibilité moyennes des échantillons d'ensilages de mélanges céréales - protéagineux testés.

	Moyenne	ET	Minimum	Maximum
% Protéagineux	17,3	5,4	0	100
MAT (g/kg MS)	95	29,8	54	161
CB (g/kg MS)	312	22,3	276	373
NDF (g/kg MS)	533	46,2	441	649
ADF (g/kg MS)	329	23,5	302	398
MM (g/kg MS)	66	16,8	47	104
dCs (%MS)	54,5	6,27	42,1	66,2
dMO (%)	63,8	4,03	58,3	71,5

La teneur en MAT ($P < 0,001$, $R^2 = 70 \%$) et la dMO ($P = 0,02$, $R^2 = 27 \%$) des ensilages augmentent avec la proportion de protéagineux dans le mélange alors que la teneur en NDF ($P = 0,02$, $R^2 = 28 \%$) diminue. Les teneurs en CB et ADF ne sont pas modifiées par la proportion de protéagineux. La teneur en MAT et la dMO sont en moyenne plus élevées pour les ensilages récoltés au stade précoce. L'ensemble des données mesurées sur ces ensilages a permis d'estimer leurs valeurs UF et PDI (INRA, 2007). Les UFL calculées varient de 0,68 à 0,85. Les valeurs PDI sont faibles : les teneurs en PDIN varient de 43 à 88 g/kg MS et celles en PDIE de 56 à 79 g/kg MS.

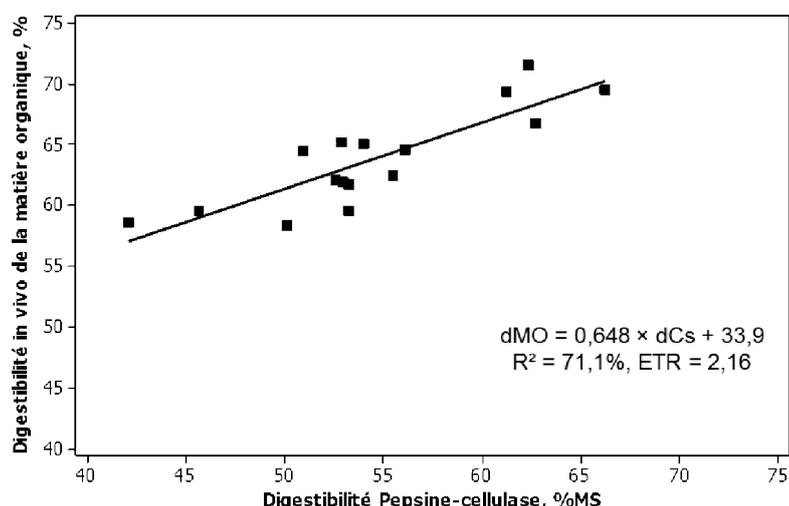
Des relations significatives sont observées entre la dMO et la proportion de protéagineux ($P = 0,02$), la teneur en MAT ($P = 0,001$) et la dCs ($P < 0,001$). L'effet du type de mélange n'est pas significatif. Le meilleur modèle pour prédire la dMO *in vivo* utilise la dCs (Figure 1) :

$$\text{dMO (\%)} = 0,548^{***} \times \text{dCs (\%MS)} + 33,9^{***} \quad \text{Nombre de données} = 16, R^2 = 71,1 \%, \text{ETR} = 2,16.$$

L'ordonnée à l'origine de cette équation (33,9) est proche de celles des équations de prévision INRA (2007) pour les fourrages. Mais, le coefficient (0,548) est supérieur au coefficient des équations de prévision de la dMO pour les ensilages de graminées et légumineuses (0,459) et inférieur à celui pour les fourrages vert de graminées (0,630) confirmant que l'utilisation de ces équations n'est pas adéquate pour ces mélanges.

En conclusion, la dCs permet de prévoir la dMO des ensilages de mélanges céréales - protéagineux avec une bonne précision ($R^2 = 71,1 \%$ et $\text{ETR} = 2,16$). Cependant, des données supplémentaires avec d'autres mélanges et d'autres proportions de protéagineux sont nécessaires pour confirmer ce résultat.

FIGURE 1 – Relation entre la dMO mesurée *in vivo* et la dCs d'ensilages de mélanges céréales - protéagineux.



Références bibliographiques

- ADESOGAN A.T., SALAWU M.B., DEAVILLE E.R. (2002) : "The effect on voluntary feed intake, *in vivo* digestibility and nitrogen balance in sheep of feeding grass silage or pea-wheat intercrops differing in pea to wheat ratio and maturity" *Anim. Feed Sci. Tech.*, 96, 161-173.
- ARRIGO Y. (2014) : "Estimation de la valeur nutritive d'ensilages de mélanges protéagineux et céréales immatures", *Rech. Agro. Suisse*, 5, 52-59.
- ARRIGO Y., HENNEBERGER S., WYSS U. (2015) : "Additivité de la digestibilité de la matière organique et dégradabilité de la matière azotée d'ensilages d'associations protéagineux-céréales immatures", *Renc. Rech. Ruminants*, 22, 254.
- AUFRÈRE, J. BAUMONT R., DELABY L., PECCATTE J.R., ANDRIEU J.P., DULPHY J.P. (2007), "Prévision de la digestibilité des fourrages par la méthode pepsine-cellulase. Le point sur les équations proposées", *INRA Prod. Anim.*, 20, 129-136.
- COUTARD J.P., FORTIN J. (2014) : "Les associations céréales-protéagineux récoltées immatures : assemblages, valeurs nutritives et valorisation par les vaches allaitantes", *Renc. Rech. Ruminants*, 21, 93-96.
- INRA (2007) : "Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux et valeurs des aliments", ed. Quae, Versailles, France.
- MAXIN G., DOZIAS D., ANDUEZA D., EMILE J.C., LE MORVAN A., DELABY L. (2016) : "Dry matter intake and *in vivo* digestibility of different cereal-legume intercrops mixtures in sheep", 26th General Meeting of EGF, soumis.
- PELZER E., BAZOT M., MAKOWSKI D., CORRE-HELLOU G., NAUDIN C., AL-RIFAI M., BARANGER E., BEDOUSSAC L., BIARNES V., BOUCHENY P., CARROUEE B., DORVILLEZ D., FOISSY D., GAILLARD B., GUICHARD L., MANSARD M.C., OMON B., PRIEUR L., YVERGNIAUX M., JUSTES E., JEUFFROY M.H. (2012) : "Pea-wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts", *Europ. J. Agr.*, 40, 39-53.
- SALAWU, M.B., ADESOGAN A.T., DEWHURST R.J. (2002) : "Forage intake, meal patterns, and milk production of lactating dairy cows fed grass silage or pea-wheat bi-crop silages" *J. Dairy Sci.*, 85, 3035-3044.