

Cet article de la revue **Fourrages**,
est édité par l'Association Française pour la Production Fourragère

Pour toute recherche dans la base de données
et pour vous abonner :

www.afpf-asso.org

Estimer la valeur énergétique du maïs fourrage riche en huile

A. Féraud, E. Meslier, A. Boisneau

Pour répondre aux besoins énergétiques élevés des vaches laitières à haut potentiel, les variétés de maïs fourrage riches en huile pourraient être intéressantes. La question de leur valeur énergétique précise est posée car les équations de prédiction de la valeur alimentaire disponibles actuellement ne prennent pas en compte la teneur en matière grasse.

RÉSUMÉ

Une base de données a été constituée avec 48 échantillons de maïs fourrage en vert aux teneurs en matières grasses variées. La mesure de leurs caractéristiques chimiques a permis d'établir une équation de prédiction de la teneur en énergie brute prenant en compte la teneur en matière grasse puis d'évaluer la valeur en UFL du fourrage avec une meilleure précision. Les valeurs UFL obtenues avec l'équation proposée sont proches de celles calculées avec les références INRA en vigueur et de celles des maïs de génétique classique. Une synthèse bibliographique montre que, avec des rations comportant 30-40 % de maïs ensilage riche en huile, une baisse du taux butyreux du lait est souvent observée sans variation importante de la production laitière.

SUMMARY

Estimating the energetic value of high-oil forage maize

Oil-rich varieties of forage maize could help meet the significant energy needs of high-producing dairy cows. However, little is known about the energetic value of such forage because current calculations for estimating its nutritional value do not take its high fat content into account. Here, the nutritional characteristics of 48 samples of green forage maize containing varying levels of oil were measured to define a predictive equation for determining gross energy that accounts for fat content. The French dairy feed unit values estimated with the new equation were very similar to those estimated with INRA's current reference equations; they were also similar to those of traditional forage maize. These results were further supported by the findings of a literature review looking dairies' use of rations containing 30-40% high-oil maize silage.

Le maïs fourrage ensilé est largement utilisé dans les rations des ruminants et notamment ceux à haut niveau de production. Pour concentrer les rations en énergie en vue d'augmenter les performances zootechniques, l'introduction de matières grasses, nutriment riche en calories, peut constituer un levier. Le maïs fourrage classiquement cultivé est peu pourvu en matières grasses mais certains types de maïs fourrage dits « riches en huile » (RH) présentent des teneurs en matières grasses bien supérieures. Ces composés se retrouvent essentiellement dans l'embryon des graines des plantes (DUDLEY et LAMBERT, 1992).

Les équations de prédiction de la valeur énergétique du maïs fourrage plante entière utilisées actuellement, prennent en compte la composition chimique du maïs fourrage *via* les teneurs en matières minérales (MM), matières azotées totales (MAT) et amidon (BAUMONT *et al.*,

2007 ; PEYRAT *et al.*, 2016). La teneur en matières grasses (MG) n'a pas été étudiée faute de variabilité suffisante dans la base de données utilisée (PEYRAT *et al.*, 2016). Les acides gras étant une source très importante de calories, leur prise en compte dans le calcul de l'énergie brute, c'est à dire du « potentiel maximum » d'énergie du fourrage, doit être étudiée afin de permettre éventuellement une mise à jour des valeurs énergétiques des maïs présentées sur les bulletins d'analyse de laboratoires.

Cette étude a pour but de **proposer une équation de prédiction de l'énergie brute adaptée à tous les types de maïs fourrage y compris ceux riches en huile**. Pour cela, une acquisition de nouvelles valeurs de références de teneur en énergie brute (EB) et de composition chimique complète d'hybrides de maïs fourrage riches en huile a été réalisée en 2016.

AUTEURS

ARVALIS-Institut du végétal, Station expérimentale de La Jaillière, F-44370 La Chapelle Saint Sauveur ; a.ferard@arvalis.fr

MOTS CLÉS : Ensilage, fourrage, maïs fourrage, méthode d'estimation, production laitière, valeur alimentaire, valeur énergétique.

KEY-WORDS : Dairying, energy value, estimation method, feeding value, forage, forage maize, silage.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Féraud A., Meslier E., Boisneau A. (2018) : «Estimer la valeur énergétique du maïs fourrage riche en huile», *Fourrages*, 234, 143-147.

La prise en compte de la teneur en MG, *via* l'EB nécessaire au calcul de la valeur en énergie nette mesurée en UF (BAUMONT *et al.*, 2007), permettra de mesurer l'impact de la composition chimique propre aux variétés de maïs RH sur leur valeur énergétique. Au-delà de l'approche analytique, une synthèse de résultats de la bibliographie a été conduite pour évaluer l'impact de l'introduction de maïs RH dans la ration des vaches laitières. Les références d'ingestion et de production laitières ont été discutées au regard de la variation de teneur en MG de la ration. Les effets attendus sur le profil en acides gras du lait de l'apport supplémentaire de MG de type polyinsaturé *via* les maïs RH ne sont pas discutés dans cette étude bibliographique.

1. Matériels et méthodes

■ Base de données

Une base de données constituée de **48 échantillons de maïs fourrage « en vert »** récoltés en plante entière (n=47) et maïs épi complet (n=1) **de type génétique RH** (n=24) **et non RH** (n=24) a servi de support à l'étude. Cette base de données a pour objectif de rassembler des échantillons de composition chimique variée. Les échantillons de maïs RH, définis comme tels par le semencier, proviennent de trois origines : i) d'un dispositif expérimental au champ (FR-44370), avec irrigation, mis en place par ARVALIS et la société Panam (n=16) en 2016 avec 4 variétés, 2 stades de récolte et 2 répétitions ; ii) de la collecte effectuée par Panam en grandes parcelles chez différents agriculteurs (n=6), et iii) d'une parcelle expérimentale de la ferme des Trinottières (n=2). Les 24 échantillons de maïs non RH proviennent d'une autre étude ARVALIS conduite en 2016 sur une parcelle irriguée avec 8 géotypes et 3 dates de récolte (FR-56).

Tous les échantillons ont été séchés à 60°C durant 72 h à la station expérimentale de La Jaillière avant analyse de la composition chimique complète (teneur en MS mesurée après étuvage à 80°C pendant 48h) au laboratoire In Vivo Labs (Aisne) en prenant comme référence la valeur de l'extrait éthéré pour estimer la teneur en MG. La mesure de l'énergie brute a été réalisée au moyen d'une bombe calorimétrique au laboratoire Adisseo (Allier) selon une méthode interne adaptée de la norme ISO 9831:1998.

■ Prédiction de la teneur en énergie brute du fourrage

L'EB mesurée par calorimétrie (EB_{calorimétrie}) des échantillons « en vert » de maïs fourrage plante entière et maïs épi complet a ensuite été prédite par régression linéaire multiple pour prendre en compte les critères de composition chimique des échantillons : MG, MAT et Amidon, ces critères étant exprimés sur la matière organique. La valeur d'énergie brute du fourrage « fermenté » correspondant (EB_{ARVALIS 17}) a été obtenue en utilisant l'équation INRA 2007 : EB fermenté = 1,02 × EB vert.

■ Calcul de la valeur énergétique

Les **valeurs énergétiques en UFL des fourrages fermentés correspondant** aux 48 échantillons de maïs fourrage ont été calculées avec les équations Inra 2007 révisées en partie en 2016 suite au travail de recherche Inra-ARVALIS (PEYRAT *et al.*, 2016). Dans ces calculs, **3 méthodes différentes de prévisions de l'EB ont été retenues** :

- soit la valeur EB de référence (EB_{calorimétrie}) mesurée par calorimétrie pour calculer les « UFL_{calorimétrie} » ;

- soit la valeur d'EB calculée par l'équation Inra-ARVALIS 2016 pour calculer les « UFL_{Inra-ARVALIS 16} » (PEYRAT *et al.*, 2016) ;

- soit la valeur d'EB prédite dans cette étude *via* les teneurs en MG, Amidon, MM et MAT et servant au calcul des « UFL_{ARVALIS 17} ».

2. Résultats

Les compositions chimiques des maïs fourrage récoltés sont reprises dans le tableau 1. Les maïs de type RH ont été récoltés en moyenne à 34% de MS soit un point de plus que les maïs non RH. Les teneurs en amidon des maïs RH sont plus faibles que les maïs non RH. **La teneur en MG moyenne des maïs RH s'élève à 34 g/kg MS** (min=6, pour un maïs récolté à un stade jeune ; max=80) **contre 24 sur les non RH** (min=20 ; max=31) avec par ailleurs une variabilité élevée nécessaire à la conduite de l'étude de la relation entre l'EB et la teneur en MG du fourrage. La corrélation entre les critères de teneurs en amidon et en MG et entre MG et MAT est faible avec respectivement r=0,07 et r=-0,09.

Type de maïs fourrage	Plante entière non RH (n=24)		Plante entière RH (n=23)		Maïs épi RH (n=1)
	Moy.	ET	Moy.	ET	
Composition chimique du maïs vert (g/kg MS)					
MS (g/kg)	328	49	338	33	598
MM	34,7	3,8	39,8	3,7	22,5
MAT	73,4	6,5	71,6	11,2	78,0
Amidon	301,7	42,6	221,7	38,8	511,0
Glucides solubles	84,7	14,4	112,8	26,6	54,0
NDF	419,5	21,5	444,6	35,6	225,0
MG	24,3	2,8	33,3	10,1	80,0
DCS (%)	70,5	1,7	66,3	3,4	84,1
Energie brute du maïs vert (kcal/kg MO)					
EB _{calorimétrie}	4 690	44	4 740	66	4 843
EB prédite INRA-ARVALIS 2016	4 690	33	4 730	34	4 653
EB prédite ARVALIS 2017	4 695	19	4 734	50	4 863

TABLEAU 1 : **Composition chimique et teneurs en énergie brute observée et prédite des 48 échantillons de maïs fourrage vert ayant servi à l'étude.**

TABLE 1 : **Nutritional characteristics and gross energy (observed and predicted) for the 48 samples of green forage maize analysed in this study.**

■ Prédiction de la teneur en énergie brute du maïs fourrage

La variabilité de l'EB mesurée par la méthode de référence en bombe calorimétrique « EB_{calorimétrie} » est modérée avec un ETR moyen à 68 kcal/kg MO sur les 48 échantillons (tableau 1). Le calcul des valeurs de l'énergie brute avec l'équation Inra-ARVALIS 2016, basée sur les teneurs en MAT et en amidon, aboutit à des valeurs moyennes très proches de celles mesurées par la méthode de référence mais qui sont très peu corrélées à ces dernières : R²=5% ; RMSE=67 kcal/kg MO ; pente de régression=0,78.

A partir de la base de données des 48 échantillons de maïs fourrage, **la régression linéaire multiple a permis de sélectionner les critères significativement influant : MG et MAT** pour la prédiction de l'EB (kcal/kg MO) avec le modèle suivant :

$$EB_{\text{ARVALIS 2017}} = 4327 + 4,447 \times \text{MGo} + 2,156 \times \text{MATo} ;$$

avec MGo et MATo en g/kg MO,

$$R^2 = 64\% ; \text{RMSE} = 41 \text{ kcal/kg MO}.$$

■ Impact de la teneur en MG sur la valeur énergétique calculée du maïs fourrage

Les valeurs énergétiques des maïs fourrage de la base de données calculées en utilisant l'équation de prédiction EB_{INRA-ARVALIS 16} sont bien corrélées à la teneur en MG du fourrage : R²=0,66 ; ETR=0,017. Ce résultat montre que **la teneur en MG est un critère influant sur la valeur UFL** mais qui reste non pris en compte directement ou indirectement par les équations utilisées actuellement (PEYRAT *et al.*, 2016).

Les valeurs UFL calculées en utilisant l'équation d'EB_{ARVALIS 2017} intègrent par construction la teneur en MG du fourrage. La qualité de prédiction de la valeur UFL des maïs de la base de données, mesurée en effectuant la régression entre les valeurs UFL calculées par l'équation EB_{calorimétrie} et celles calculées par l'équation EB_{INRA-ARVALIS 16} indique une relation assez forte (R²=0,85, ETR=0,019 UFL/kg MS, pente=1,13). La même régression faisant intervenir les valeurs UFL calculées par **l'équation EB_{ARVALIS 2017}** au lieu de EB_{INRA-ARVALIS 16} **permet d'améliorer la relation** avec R²=0,96 ; ETR=0,009 UFL/kg MS ; pente=0,93.

Avec l'utilisation de l'équation EB_{ARVALIS 2017}, **l'impact de la teneur en MG du maïs fourrage observée sur la valeur UFL_{INRA-ARVALIS 16} s'élève à 0,012 UFL/kg MS par point de MG (en % de la MS) au-delà de 3% de MG** dans le fourrage.

Pour exemple, la valeur énergétique moyenne de 6 des maïs RH de l'étude ayant une teneur en MG supérieure à 4% (4,8% en moyenne) calculée avec l'EB méthode de référence en calorimétrie s'élève à 0,931 UFL/kg MS. L'application de l'équation EB_{ARVALIS 2017} aboutit à une valeur très proche : 0,929 UFL/kg MS contre 0,913 UFL avec l'EB_{INRA-ARVALIS 16}.

3. Etude bibliographique : impact de l'introduction de maïs RH dans la ration des vaches laitières

Le remplacement d'un maïs non RH par un maïs RH dans la ration des vaches laitières a été étudié par plusieurs auteurs pour en mesurer l'impact sur la production laitière. La **synthèse de 6 publications impliquant 9 comparaisons** (AKINS et SHAVER, 2014 ; BENEFIELD *et al.*, 2006 ; DHIMAN *et al.*, 1999 ; LACOUNT *et al.*, 1995 ; WEISS et WYATT, 2000 ; WHITLOCK *et al.*, 2003) montre que l'augmentation de 0,8 point de MG dans la ration modifie peu les performances de production avec une baisse de 0,5% de production laitière en lait corrigé sur sa teneur en matière grasse. **La production laitière brute a tendance à augmenter** (figure 1) **alors que le taux butyreux du lait est légèrement plus bas lorsque la ration contient du maïs riche en huile** (tableau 2). Ces comparaisons, issues d'essais réalisés aux Etats-Unis, ont été conduites à partir de **régimes basés en moyenne sur 32% d'ensilage de maïs**, 21% d'ensilage de luzerne et 47% de concentré. Les faibles parts d'ensilage de maïs utilisées sont susceptibles de limiter les variations de teneur en MG des régimes testés et donc des réponses animales qui seraient liées (mais on sait par ailleurs qu'une forte proportion de MG dans une ration perturbe la dégradation ruminale des aliments ; JOUANY, 1994). Parmi les 9 comparaisons, 4 des régimes testés incluent aussi du maïs grain RH dans la part de concentré ce qui a permis de contraster mieux la variation de MG de la ration suite à l'intégration de maïs RH (BENEFIELD *et al.*, 2006 ; LACOUNT, 1995).

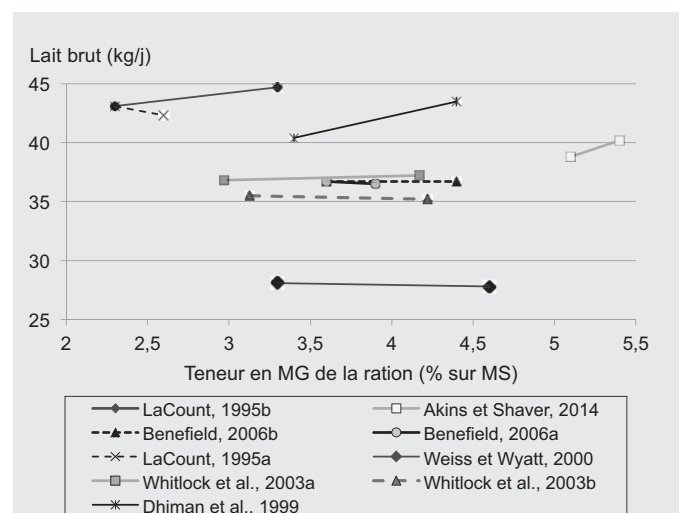


FIGURE 1 : Production laitière et niveau de matières grasses (MG) de la ration suite à l'introduction de maïs riche en huile dans la ration (résultats bibliographiques).

FIGURE 1 : Ration fat content (MG) and milk production resulting from the inclusion of high-oil maize in rations (results of the literature review).

	Ensilage maïs (% MS ingérée)		MG ration (% MS)		Ingestion (kg MS/j)		Lait brut (kg/j)		TB (g/kg)		TP (g/kg)	
	T*	RH*	T	RH	T	RH	T	RH	T	RH	T	RH
LACOUNT <i>et al.</i> , 1995a	25	25	2,3	2,6	22,8	23,3	43,1	42,3	32,9	32,7	30,6	30,1
LACOUNT <i>et al.</i> , 1995b	27	27	2,3	3,3	22,8	24,8	43,1	44,7	32,6	30,9	30,6	29,8
WEISS - WHYAT, 2000	63	63	3,5	4,8	17,7	19,2	26,8	28,6	28,9	28,1	32,9	31,6
WHITLOCK <i>et al.</i> , 2003a	25	25	3,0	4,2	28,1	28,7	36,8	37,2	39,8	37,9	32,4	32,2
WHITLOCK <i>et al.</i> , 2003b	30	30	3,1	4,2	26,9	26,2	35,5	35,2	39,9	40,7	31,7	32,3
BENEFIELD <i>et al.</i> , 2006a	31	31	3,6	3,9	27,0	26,9	36,7	36,5	37,2	37,1	33,1	33,2
BENEFIELD <i>et al.</i> , 2006b	31	31	4,1	4,4	26,7	27,2	36,0	36,7	36,8	37,2	33	33,4
AKINS - SHAVER, 2014	40	40	5,1	5,4	23,9	24,5	38,8	40,2	39,1	37,8	31,4	31,3
Moyenne	34	34	3,4	4,1	24,5	25,1	37,1	37,7	35,9	35,3	32	31,7

* T : ration témoin avec maïs non RH ; RH : ration contenant le maïs riche en huile

TABLEAU 2 : Effet de l'introduction de maïs riche en huile dans la ration sur les performances de production laitière de différentes sources bibliographiques.

TABLE 2 : Results of the literature review considering how milk production is affected by the inclusion of high-oil maize in rations.

4. Discussion

La collecte d'échantillons d'origines diverses a permis de constituer une base de données, support de cette étude, comportant une certaine variabilité sur le critère de teneur en MG du maïs fourrage avec en moyenne 30 g/kg MS de MG (ET=11 ; min=6 et max=81). A partir de cette base de données, les variabilités observées pour les valeurs d'énergie brute mesurées par la méthode de référence ont été reliées à la teneur en MG des fourrages, à l'instar de ce qui est observé et pris en compte sur les matières premières concentrées à base de maïs (SAUVANT *et al.*, 2002).

L'équation proposée, $EB_{ARVALIS\ 17}$, pour prédire l'EB du maïs fourrage fait intervenir la teneur en MG du fourrage avec un coefficient double de celui de la MAT, en cohérence avec ce qui est observé sur maïs grain humide (BAUMONT *et al.*, 2007). **Cette équation présenterait une capacité de prédiction proche de celle proposée par l'Inra et ARVALIS en 2016 (PEYRAT *et al.*, 2016) avec l'avantage d'être applicable sur des maïs à forte teneur en MG.** Jusqu'à présent, une pratique consistait à rajouter un bonus d'UF en fonction de la teneur en MG en se basant sur la valeur d'un gramme d'huile soit 0,0027 UFL/g de MG dans les *Tables INRA 2007*. Ce calcul peut parfois aboutir à des surestimations fortes de la valeur énergétique de certains maïs RH. Les calibrations SPIR du maïs fourrage incluent désormais souvent la teneur en MG ce qui évite d'effectuer le dosage par chimie humide, rarement réalisé sur fourrage. A noter que le processus d'ensilage entraîne une oxydation des acides gras insaturés qui diminue alors la teneur en MG du fourrage de l'ordre de 10 à 20% du dosage de la teneur en MG du fourrage conservé (HAN et ZHOU, 2013).

Les rations des vaches laitières contiennent généralement autour de 3 à 4% de MG. A titre d'exemple, **l'utilisation d'un maïs fourrage RH** (par ex. de teneur en MG=6%) dans une ration classique de vache laitière comportant 55% de maïs fourrage **impliquerait une augmentation de la teneur en MG de la ration de 1,4 point** pour passer à 4,9% de la MS « ration ». Ce niveau atteint correspond à la recommandation courante de 5% de matières grasses maximum dans la ration. Au-delà, l'augmentation de la production laitière observée ne

compense plus la baisse des taux du lait notamment le taux butyreux (DEPETERS *et al.*, 1987 ; synthèse de DOREAU et CHILLIARD, 1992 ; LEE *et al.*, 2014). Les acides gras, et notamment les acides poly-insaturés, sont en effet connus pour avoir des effets négatifs sur la digestion dans le rumen, principalement sur la dégradation des glucides pariétaux (JOUANY, 1994).

Légalement plus riches en énergie, les maïs RH pourraient présenter un intérêt pour densifier en énergie des rations pauvres en MG à la base. Le rendement au champ des variétés concernées apparaît comme un facteur déterminant dans l'intérêt, pour un agriculteur, d'apporter de la matière grasse par les fourrages plutôt que par la composition des aliments concentrés complémentaires. La densification en énergie de la ration peut aussi être recherchée en choisissant des variétés récentes plus adaptées aux conditions de culture et aux rations envisagées.

Conclusion

La teneur en matière grasse du maïs fourrage influence significativement sa teneur en énergie brute. L'équation de prédiction de l'EB du maïs fourrage vert proposée dans cette étude permet de bien prendre en compte la particularité de certains maïs fourrage qui se révèlent être sensiblement plus riches en huile que les maïs couramment utilisés en France. La nouvelle équation proposée se substitue à l'équation d'EB publiée fin 2016 par l'Inra et ARVALIS). Elle pourrait être directement utilisée dans le calcul des UFL avec le système INRA 2007. Pour les maïs RH, ces nouvelles références aboutissent à ré-évaluer la valeur UFL donnée par ces équations de 2016 d'environ 0,01 UFL/kg MS supplémentaire par point de MG au-delà du seuil de 3% sur la base de la MS. Cependant la digestibilité de la MS et les teneurs en matières minérales, MAT et amidon restent les facteurs déterminants de la valeur énergétique du maïs. Ainsi, les résultats d'essais publiés montrent peu de variations de performances de production suite à l'incorporation de maïs RH dans la ration des vaches laitières.

L'application de cette nouvelle équation de prédiction de l'EB permettrait de mieux estimer la valeur

énergétique des maïs riches en huile afin de permettre une meilleure évaluation variétale et un meilleur ajustement des rations.

Accepté pour publication,
le 28 mai 2018

Remerciements : Les auteurs remercient l'ensemble des personnels des stations ARVALIS ayant participé aux expérimentations ainsi que la société Panam et la ferme expérimentale des Trinottières pour la mise à disposition d'échantillons de maïs RH.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AKINS M.S., SHAVER R.D. (2014) : «Influence of corn silage hybrid type on lactation performance by Holstein dairy cows», *J. Dairy Sci.*, 97, 12, 7811-7820.
- BAUMONT R., DULPHY J.P., SAUVANT D., MESCHY F., AUFRERE J., PEYRAUD J.L. (2007) : «Valeur alimentaire des fourrages et des matières premières : tables et prévision», *Alimentation des bovins, ovins et caprins*, Chap.8 ; Ed. Quae, 2007 revu en 2010, 312 p.
- BENEFIELD B.C., LIÑEIRO M., IPHARRAGUERRE I.R., CLARK J.H. (2006) : «Nutridense corn grain and corn silage for dairy cows», *J. Dairy Sci.*, 89, 5, 1571-1579.
- DEPETERS E.J., TAYLOR S.J., FINLEY C.M., FAMULA T.R. (1987) : «Dietary fat and nitrogen composition of milk from lactating cows», *J. Dairy Sci.*, 70, 6, 1192-1201
- DHIMAN T.R., ANAND G.R., SATTER L.D., PARIZA M.W. (1999) : «Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets», *J. Dairy Sci.*, 82, 10.
- DOREAU M., CHILLIARD Y. (1992) : «Influence d'une supplémentation de la ration en lipides sur la qualité du lait chez la vache», *INRA Productions animales*, 5 (2), 103-111.
- DUDLEY J.W.; LAMBERT R.J. (1992) : «Ninety generations of selection for oil and protein in maize», *Maydica*, 37, 81-87.
- HAN L., ZHOU H. (2013) : «Effects of ensiling processes and antioxidants on fatty acid concentrations and compositions in corn silages», *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, 4(1), 48.
- JOUANY J.P (1994) : «Les fermentations dans le rumen et leur optimisation», *INRA Prod. Anim.*, 7 (3), 207-225.
- LACOUNT D.W., DRACKLEY J.K., CICELA T.M., CLARK J.H. (1995) : «High oil corn as silage or grain for dairy cows during an entire lactation», *J. Dairy Sci.*, 78, 8, 1747-1754.
- LEE J., SEO J., LEE S.Y., KI K.S., SEO S. (2014) : «Meta-analysis of factors affecting milk component yields in dairy cattle», *J. Animal Science and Technol.*, 56, 5 p.
- PEYRAT J., NOZIERE P., FERARD A. LE MORVAN A., MESLIER E., PROTIN P.V., CARPENTIER B., BAUMONT R. (2016) : *Prévoir la digestibilité et la valeur énergétique du maïs fourrage : Guide des nouvelles références*, Éd. Arvalis Institut du végétal - Inra, 8 p ; www.arvalisinfos.fr, rubrique «Fourrages».
- SAUVANT D., PEREZ J.M., TRAN G. (2002) : *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons*, INRA éd. Versailles, 304 p.
- WEISS W.P., D.J. WYATT (2000) : «Effect of oil content and kernel processing of corn silage on digestibility and milk production by dairy cows», *J. Dairy Sci.*, 83, 2, 351-358.
- WHITLOCK L.A., SCHINGOETHE D.J., HIPPEN A.R., KALSCHER K.F., ABUGHAZALEH A.A. (2003) : «Milk production and composition from cows fed high oil or conventional corn at two forage concentrations», *J. Dairy Sci.*, 86 (7), 2428-2437.