

Etude de la valeur azotée du tourteau de colza déshuilé industriel

CHAPOUTOT P. (1, 2), ROUILLE B. (3), GILLET P. (4), PEYRONNET C. (5), QUINSAC A. (6), AUFRERE J. (7, 8)

(1) AgroParisTech UMR 791 MoSAR, 16 rue Claude Bernard, 75231 PARIS CEDEX 05, France

(2) INRA UMR 791 MoSAR, 16 rue Claude Bernard, 75231 PARIS CEDEX 05, France

(3) Institut de l'Elevage, Monvoisin B.P. 85225, 35652 LE RHEU, France

(4) Conseil Elevage 52, 26 avenue du 109 RI, 52011 CHAUMONT CEDEX, France

(5) UNIP, 11 rue de Monceau, CS 60003, 75008 PARIS, France

(6) CETIOM, Rue Monge, Parc Industriel, 33600 PESSAC, France

(7) INRA UMR1213 Herbivores, CRZV Theix, 63122 SAINT-GENES-CHAMPANELLE, France

(8) Clermont Université, VetAgro Sup, UMR Herbivores, BP 10448, 63000 Clermont-Ferrand, France

RESUME

Les tourteaux de colza (TCZ) déshuilés produits industriellement en France présentent une variabilité inter- et intra-usine de composition chimique, notamment concernant la dégradabilité enzymatique de l'azote (DE1). De plus, les valeurs de DE1 des tourteaux actuels sont plus faibles que celles enregistrées au cours des deux dernières décennies et utilisées dans le modèle actuel de prédiction de la dégradabilité théorique de l'azote (DTN), en raison des températures mises en œuvre dans les processus de trituration. Les mesures in sacco réalisées dans cette étude sur 15 échantillons de TCZ représentatifs de la variabilité actuelle, a permis, d'une part, de confirmer les valeurs DTN proposées dans les tables récentes et, d'autre part, de valider, pour cette matière première, la pertinence du modèle de prédiction de la DTN par la DE1 proposé par Aufrère *et al* (1989). En outre, ces nouvelles mesures permettent d'améliorer la précision des estimations de DTN obtenues pour les valeurs de DE1 actuelles. Les valeurs mesurées dans cette étude ont été intégrées dans le nouveau modèle "Systali". Les valeurs azotées "Table" du TCZ ainsi calculées dans le nouveau système d'unités d'alimentation sont légèrement différentes de celles publiées dans les Tables INRA 2007, avec un ratio PDIN/PDIE plus élevé. Une simulation a été réalisée avec la calculatrice "Systool" de façon à quantifier l'effet de l'incorporation du TCZ dans des rations pour vaches laitières à base d'ensilage de maïs sur sa valeur azotée. Les interactions digestives, beaucoup mieux prises en compte dans le modèle "Systali", tendent à augmenter légèrement les valeurs "ration" (PDIN surtout) par rapport aux valeurs "tables".

Study of the nitrogen value of industrial solvent-extracted rapeseed meal

CHAPOUTOT P (1, 2), ROUILLE B. (3), GILLET P. (4), PEYRONNET C. (5), QUINSAC A. (6), AUFRERE J. (7, 8)

(1) AgroParisTech UMR 791 MoSAR, 16 rue Claude Bernard, 75231 PARIS CEDEX 05, France

(2) INRA UMR 791 MoSAR, 16 rue Claude Bernard, 75231 PARIS CEDEX 05, France

SUMMARY

Solvent-extracted rapeseed meal (RSM), which is produced in France, presents a certain between- and within-factory variability of chemical composition, especially for nitrogen enzymatic degradability (DE1). Moreover, the present values of DE1 of rapeseed meals are much lower than those obtained for the last two decades, which were exploited for the elaboration of the prediction model of nitrogen effective degradability (EDN) used today in France. The reduction of the DE1 values of RSM is certainly related to an increase in the temperature of the treatments used in the extraction processes. In sacco measures were conducted on 15 samples of RSM, quite representative of the existing variability. Our results confirmed the EDN values proposed in the INRA Tables (2007) for this feed and validated the accuracy of the prediction model of EDN. Moreover, these new results provide increased precision for the estimation of EDN from current DE1 values. The data measured in this study were integrated in the new "Systali" model to calculate the new nitrogen values of RSM. Compared to the INRA 2007 values, the new Systali "Table" values were modified, with a higher PDIN/PDIE ratio (higher PDIN value and lower PDIE value). A simulation was done with the new "Systool" calculator in order to quantify the effect of the inclusion of RSM in maize silage-based diets for dairy cows upon its real nitrogen values. The digestive interactions, much more precisely taken into account in the "Systali" model, tend to slightly increase the nitrogen "Ration" values of RSM (especially the PDIN value) compared to those in the "Table".

INTRODUCTION

L'enquête réalisée en 2010 par le Comité National des Coproduits (CNC) a mis en évidence, sur 35 échantillons de tourteaux de colza (TCZ), une variabilité de composition chimique inter- et intra-usine, notamment sur la teneur en matières azotées (MAT) et la dégradabilité enzymatique de l'azote (DE1) (Chapoutot *et al.*, 2011a et 2011b). De plus, les valeurs de DE1 mesurées dans cette étude, cohérentes avec les données observées actuellement sur le terrain, sont plus faibles que celles ayant permis d'élaborer le modèle de prédiction de la dégradabilité théorique (DT) de l'azote publié par Aufrère *et al* (1989).

L'objectif de cette étude, commanditée par le CNC et réalisée en 2012, était de mesurer la dégradabilité in sacco de l'azote

de 15 échantillons de TCZ représentatifs de la variabilité observée (entourés sur la figure 1) et de vérifier la pertinence de la relation entre la DT et la DE1 de l'azote pour en déduire les valeurs azotées des tourteaux de colza.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. COMPOSITION CHIMIQUE

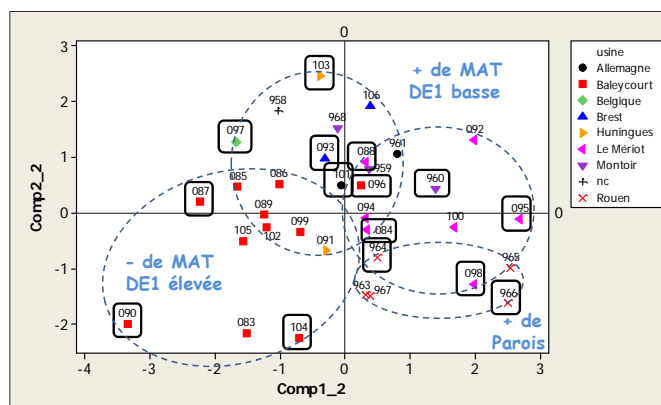
Les échantillons de TCZ de l'étude CNC 2010 avaient fait l'objet de mesures de composition chimique par le laboratoire INZO° à Château-Thierry : matière sèche (MS), cendres brutes (MM), protéines brutes (MAT), matières grasses (MG), cellulose brute (CB), composés pariétaux (NDF, ADF, ADL), DE1. Sur les 15 échantillons de la présente étude, la mesure

de la digestibilité *in vitro* (dCellMO) a été réalisée par le laboratoire INRA de l'UMRH de Theix.

1.2. CHOIX DES ECHANTILLONS

Les 15 échantillons de TCZ de cette étude ont été choisis parmi les 35 disponibles de l'étude 2010 par analyse en composantes principales à partir de leur composition chimique, permettant de tenir compte au mieux de la variabilité de composition chimique inter- et intra-usine observée et de la diversité des origines.

Figure 1 Variabilité de composition des échantillons choisis



1.3. MESURES DE DEGRADATION IN SACCO

Les mesures de dégradation en sachets de nylon de la matière sèche (degMS) et de l'azote (degN) ont été réalisées selon une méthodologie adaptée de Michalet-Doreau *et al* (1987) : 6 répétitions par échantillon réalisées dans un double carré latin : 2 x (3 vaches x 3 jours x 3 groupes de 5 échantillons) ; 6 durées d'incubation (2h, 4h, 8h, 16h, 24h et 48h) réparties sur 2 jours consécutifs ; 2 témoins (luzerne déshydratée et paille d'avoine) incubés respectivement pendant 8h et 24h (TL8 et TP24) ont été associés aux aliments expérimentaux dans chaque vache pour chaque série afin de piéger une partie de la variabilité.

1.4. TRAITEMENTS DES DONNEES

Les cinétiques de dégradation ont fait l'objet d'ajustement non linéaire selon le modèle d'Ørskov & McDonald (1979) :

$$Deg(t) = a + b(1 - e^{-ct})$$

avec a : fraction soluble, b : fraction dégradabile et c : taux de dégradation de la fraction b. La DT de la MS (DTMS) et de l'azote (DTN) a été calculée en tenant compte d'un taux de sortie des particules du rumen $k_p = 0,06 \text{ h}^{-1}$:

$$DT = a + \frac{bc}{c + k_p}$$

Le dispositif expérimental d'incubation a permis de tester par analyse de variance-covariance (procédure GLM, sous Minitab) les effets "aliment" (α_i), "vache" (β_j) et "jour" (γ_l) avec les covariables degMS des témoins (DegMStem_{ijk}) selon le modèle suivant :

$$Deg(t)_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_l + \delta DegMStem_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

1.5. SIMULATION DES VALEURS "SYSTALI"

Les données de composition chimique, de dégradation ruminale et de digestibilité mesurées pour les différents échantillons ont été intégrées dans le modèle "Systali" (Sauvant *et al.*, 2013), afin de calculer les valeurs "tables" de ces tourteaux de colza dans ce nouveau système.

De plus, à titre d'illustration, des simulations ont été réalisées au moyen de la calculatrice "Systool" (Chapoutot *et al.*, 2013) pour estimer les valeurs "rations" des aliments dans diverses rations courantes pour vaches laitières. Onze rations constituées d'ensilage de maïs (EMA), issues de la base de données de la Chambre d'Agriculture de Haute-Marne (Bouthors et Gillet, comm. pers.), ont servi de support à cette approche. Leurs principales caractéristiques ont été les suivantes (Moy ± ET) : PL troupeau = 29 ± 5 kg/j ;

MSI = 21,6 ± 2,2 kg MS/j ; EMA = 52,7 ± 6,2 % MSI
TCZ = 4,1 ± 1,0 kg MS/j.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. COMPOSITION CHIMIQUE

La composition chimique des 15 échantillons est présentée au tableau 1.

Les teneurs en MM, MG et CB mesurées sur ces échantillons sont en moyenne assez voisines de celles publiées dans les tables INRA 2007 (Baumont *et al.*, 2007), dans la Banque de Données de l'Alimentation Animale (AFZ, 2013) ou dans les enquêtes du CETIOM (Peyronnet, 2010) et de l'IRFAF (IRFAF Bretagne, 2010), mais les teneurs en MAT, en NDF, en ADF et lignine sont plus faibles laissant à penser que les échantillons étudiés sont plus riches en glucides cytoplasmiques.

La DE1 est plus basse en moyenne et surtout varie dans une plage beaucoup plus restreinte que les valeurs recensées dans io7 (www.feedbase.com), sans doute en raison de la plus grande ancienneté des données collectées dans cette base de données et de leur diversité d'origine, mais surtout du fait de la relative standardisation des process technologiques de trituration appliqués au cours des dernières décennies.

Tableau 1 Composition chimique des tourteaux de colza

n = 15	Moyenne	Ecart Type	Mini	Maxi
MS (%)	88,9	0,7	87,2	90,3
MM (% MS)	7,7	0,1	7,6	8,0
MG (% MS)	2,8	0,7	2,0	4,7
MAT (% MS)	36,6	0,8	35,3	38,4
DE1 (% N)	20,9	2,4	17,5	25,8
CB (% MS)	14,9	0,4	14,2	15,5
NDF (% MS)	27,8	0,9	26,1	28,9
ADF (% MS)	19,1	0,5	18,4	19,9
Lignine (% MS)	8,3	0,3	7,6	8,7
dCellMO	79,7	0,4	79,1	80,4

2.2. DEGRADABILITE IN SACCO DE L'AZOTE

Les valeurs des paramètres d'ajustement des cinétiques de degN sont présentées au tableau 2. L'effet aliment apparaît significatif surtout sur la fraction soluble aN, sur la vitesse de dégradation cN, ainsi que sur la DTN. L'effet jour est significatif sur tous les paramètres, tandis que l'effet vache n'est pas significatif sur le taux de dégradation cN et sur la DTN, alors que les témoins TL8 et TP24 sont significatifs sur l'ensemble des paramètres, piégeant ainsi une large partie de la variabilité inter-animal et/ou inter-jour.

Tableau 2 Paramètres de dégradation de l'azote des TCZ

	aN (%)	bN (%)	cN (% h ⁻¹)	DTN (%)
Moy	37,5	60,2	7,1	69,1
ET inter-aliment	2,6	2,1	1,4	2,6
Min	34,1	55,6	5,3	64,4
Max	42,8	64,1	9,6	73,3
Effet aliment	***	+	***	***
Effet vache	+	*	NS	NS
Effet jour	***	***	***	***
TL8	+	*	*	*
TP24	*	+	***	***
ETR	2,7	2,9	1,2	1,6
INRA-AFZ, 2004	27,0	67,0	10,0	69,0

Seuils = *** : p<0.001 ; ** : p<0.01 ; * : p<0.05 ; + : p<0.10

Les différences observées entre échantillons, sans doute dues à un effet "process", portent sur les paramètres qui sont les plus sensibles aux effets des traitements thermiques : la fraction soluble et la vitesse de dégradation de la fraction

dégradable. Ces résultats vont tout à fait dans le sens des effets connus de la température sur la dégradation de l'azote des aliments.

Prises séparément, les valeurs des paramètres aN, bN et cN diffèrent légèrement de celles proposées dans les tables INRA-AFZ 2004 (Sauvant *et al.*, 2004), mais lorsqu'elles sont agrégées dans le critère synthétique de la DTN, nos résultats sont parfaitement cohérents avec la référence actuelle pour le tourteau de colza (DTN = 69 %).

Dans cette étude, l'ensemble des paramètres de la dégradation de l'azote et de la MS sont positivement et très étroitement reliés, car les mesures ont porté sur des échantillons d'une même matière première. Les relations établies entre la DTMS (64,4 ± 2,1 %) et la DTN sont très voisines lorsqu'elles sont calculées globalement ou en intra-échantillon sur l'ensemble des cinétiques individuelles :

$$DTN = - 13,0 + 1,27 DTMS (n=90 ; n_{ech}=15 ; R^2=0,99 ; ETR=0,35)$$

La même relation inter-échantillons établie sur les 15 tourteaux étudiés est également assez proche :

$$DTN = - 8,5 + 1,21 DTMS (n=15 ; R^2=0,93 ; ETR=0,68)$$

Ainsi, il semblerait possible de prévoir avec une bonne précision les paramètres de dégradation de l'azote du TCZ directement à partir des mesures de la dégradation de la MS.

2.2. PREDICTION DE LA DEGRADABILITE DE L'AZOTE

Sur ce jeu de 15 échantillons de TCZ [losanges (1), figure 2], il n'apparaît pas de relation entre la DTN et la DE1, en raison de l'étroitesse des plages de variation de nos données. Par contre, lorsque ces nouvelles valeurs de DE1 et DTN sont cumulées à celles d'Aufrère *et al* (1989) [cercles (2), figure 2] ayant servi à élaborer le modèle de prédiction de la DTN à partir de la DE1 pour le TCZ, malgré des plages de DE1 très différentes, les deux sous-populations de données s'alignent à travers une relation commune [(1+2), figure 2], dont l'ETR est proche de l'ET inter-échantillon de la mesure de DTN :

$$DTN = 62,2 + 0,33 DE1 (n=28 ; R^2=0,73 ; ETR=2,8)$$

Cette relation ne se différencie pas de celle obtenue sur les seules données "T. Colza" d'Aufrère [(2), figure 2] :

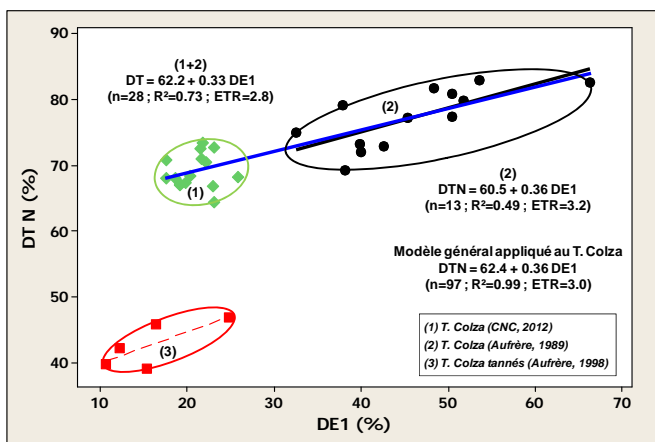
$$DTN = 60,5 + 0,36 DE1 (n=13 ; R^2=0,49 ; ETR=3,2)$$

ni du modèle général établi par Aufrère *et al* (1989) sur 12 classes d'aliments (97 échantillons), lorsqu'il est appliqué au TCZ non tanné :

$$DTN = 62,4 + 0,36 DE1 (n=97 ; n_{classes}=12 ; R^2=0,99 ; ETR=3,0)$$

Par contre, cette relation se distingue nettement de celle appliquée au TCZ tanné [(3), figure 2].

Figure 2 Relation entre la DE1 et la DT de l'azote appliquée au tourteau de colza

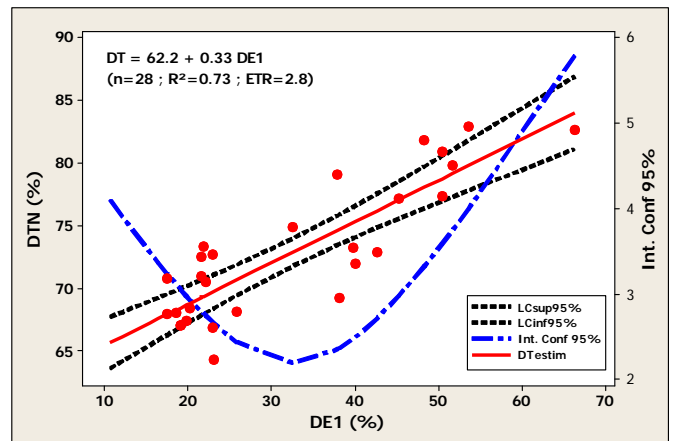


Ainsi, nos résultats confirment bien la validité du modèle actuel de prédiction de la dégradabilité de l'azote du TCZ, malgré des valeurs DE1 plus faibles que celles observées à l'époque de sa publication. Ceci s'explique notamment par le fait que les valeurs DTN des matières premières ont été réactualisées dans les tables INRA-AFZ 2002 et 2004 pour être ensuite reprises dans les tables INRA 2007, alors que

les données de DE1 du TCZ n'ont pas fait l'objet de synthèse récente.

L'application de ce modèle réactualisé (n=28) aux valeurs moyennes du TCZ issues des deux études du CNC (Enquête 2010 et Etude 2012) aboutit à des valeurs DTN très proches (69-70 %) et tout à fait cohérentes avec celles publiées dans les Tables INRA-AFZ 2004 (Sauvant *et al.*, 2004). Cependant, compte tenu des ETR du modèle (≈ 3 points) et des valeurs de DE1 actuelles (≈ 20-25 points) légèrement plus basses que la moyenne de l'ensemble des données regroupées, la prédiction de la DTN est entachée d'un intervalle de confiance de l'ordre de 3 points (Figure 3). Cette incertitude de ± 1,5 point sur la prévision de la DTN représente un écart d'environ ± 5 g/kg MS sur la valeur PDIE d'un TCZ à MAT = 37% MS et DE1 = 20 %.

Figure 3 Précision du modèle de prédiction de la DTN par la DE1 du tourteau de colza



2.3. VALEURS AZOTEES INRA 2007 DU T. DE COLZA

Les valeurs PDI des échantillons de TCZ ont été calculées par la méthode factorielle INRA (2007), en tenant compte de leur composition chimique observée. La valeur moyenne de la digestibilité de la matière organique (dMO = 78,3 ± 0,3 %), estimée à partir des valeurs dCellIMO (Aufrère et Michalet-Doreau, 1988), est voisine de celle des tables INRA 2007 (77 %). La prédiction de la digestibilité réelle des protéines alimentaires (dr) des TCZ à partir de leur composition chimique (Sauvant *et al.*, 2004) conduit à une valeur moyenne (dr = 81,7 ± 0,4 %) légèrement supérieure à la valeur des tables INRA-AFZ 2004 (79%). Ces faibles écarts de digestibilités sont tout à fait cohérents avec les légères différences de composition chimique observées sur nos échantillons par rapport au tourteau de colza de référence.

Les paramètres de calculs et les valeurs PDI 2007 ainsi estimées sont présentées dans le tableau 3 ; elles sont très voisines des valeurs des tables INRA 2007 (PDIA = 103, PDIN = 247 et PDIE = 155 g/kg MS).

Tableau 3 Valeurs azotées (INRA 2007) des 15 tourteaux de colza étudiés

n = 15	Moyenne	Ecart Type	Mini	Maxi
MAT (%MS)	36,7	0,8	35,3	38,4
DE1 mesurée (%)	20,9	2,3	17,5	25,8
DT mesurée (%)	69,1	2,6	64,4	73,3
dr estimée (%)	81,7	0,4	81,3	82,6
MOF (g/kgMS)	581	12	553	601
PDIA (g/kg MS)	103	8	87	115
PDIN (g/kg MS)	241	5	233	250
PDIE (g/kg MS)	157	7	143	166

Ainsi, ces nouveaux résultats concernant les paramètres de dégradation de l'azote et la nouvelle relation établie entre la DTN et la DE1 permettent de valider les valeurs PDI des TCZ

proposées par Chapoutot *et al* (2011a et 2011b) à partir d'un nombre plus important d'échantillons (n= 35).

2.4. VALEURS AZOTEES "SYSTALI" DU T. DE COLZA

Les valeurs PDI "tables" calculées pour ces TCZ avec les nouvelles équations proposées dans le modèle "Systali", à même composition chimique, varient de 246 à 264 g/kg MS pour les PDIN (255 ± 5 g/kg MS) et de 133 à 155 g/kg MS pour les PDIE (146 ± 7 g/kg MS). Par rapport aux valeurs INRA 2007, le calcul des valeurs "tables" du nouveau système a tendance à réduire la fraction d'origine alimentaire (- 11 g PDIA /kg MS) et à accroître la fraction microbienne synthétisée sous azote limitant (+ 25 g PDIMN /kg MS), sans changer significativement les valeurs PDIME.

Par ailleurs, lorsque les aliments sont intégrés dans les rations, la nouvelle approche "Systali" prend en compte les principaux déterminants des interactions digestives, niveau d'ingestion (NI), proportion de concentrés (PCO) et balance protéique du rumen (BPR) de la ration et ainsi modifie les valeurs énergétiques et azotées des aliments.

Les valeurs de ces 3 critères pour les rations utilisées dans la simulation faite avec Systool ont varié pour NI de 2,9 à 4,0 kg MS %Pvif (3,3 ± 0,3), pour PCO de 17 à 39 % (29,2 ± 8,7), et pour BPR de -6 à +21 g/kg MS (9 ± 10). Elles ont conduit à des interactions digestives négatives (delta dMO (= dMO"ration" - dMO"table") comprises entre -9 et -4 points de dMO (- 6,3 ± 1,9). Lorsque ces facteurs sont pris en compte dans l'estimation des processus de dégradation de l'azote et de synthèse microbienne, les valeurs azotées du TCZ sont modifiées.

Le tableau 4 présente les valeurs "rations" du TCZ "moyen" incorporé dans les diverses rations pour vaches laitières issues des différentes simulations. La DTN est légèrement diminuée en raison notamment de l'influence du NI sur les taux de sortie du rumen des phases solides et liquide. Cela induit une hausse de la fraction alimentaire et, par voie de conséquence, une diminution de la fraction PDIMN. La baisse de la teneur en MOF, principalement liée aux interactions digestives, entraîne une baisse de la synthèse microbienne, qui est presque totalement compensée par les influences combinées positive de PCO et négative de BPR. Les valeurs PDIME ne sont donc que très faiblement diminuées. Par voie de conséquence, par rapport aux valeurs "tables", les valeurs "rations" du TCZ sont peu modifiées pour les PDIN (+2 g/kg MS) et légèrement augmentées pour les PDIE (+10 g/kg MS). Fortuitement, il apparaît que les valeurs "rations" du TCZ dans le nouveau modèle "Systali", lorsqu'il est incorporé dans des régimes "ensilage de maïs" pour vaches laitières, sont assez voisines des valeurs INRA 2007.

Tableau 4 Variabilité des valeurs azotées du tourteau de colza incorporé dans des rations pour vaches laitières (1)

Paramètres	Valeurs "rations" (Moy ± ET)	Ecart entre valeurs Systali "rations"-"tables"
DTN (%)	65 ± 1	-4
PDIA (g/kg MS)	104 ± 3	+12
PDIMN (g/kg MS)	153 ± 2	-10
MOF (g/kg MS)	510 ± 19	-65
PDIME (g/kg MS)	52 ± 1	-2
PDIN (g/kg MS)	257 ± 1	+2
PDIE (g/kg MS)	156 ± 1	+10

(1) : 11 rations à base d'ensilage de maïs

CONCLUSION

Cette étude s'inscrit dans la continuité de l'étude précédente réalisée par le CNC (Chapoutot *et al.*, 2011a et 2011b). Elle a permis de confirmer, sur 15 échantillons, la valeur des paramètres de dégradation dans le rumen du tourteau de colza, dont les moyennes sont proches des données proposées dans les tables INRA actuelles.

Les écarts de dégradabilité observés entre échantillons - liés sans doute à des différences de qualité de graines, mais surtout à des variations de procédés technologiques de trituration - portent sur les paramètres les plus sensibles aux traitements thermiques, fraction soluble et vitesse de dégradation de la fraction dégradable, qui impactent fortement la dégradabilité théorique de l'azote.

Les faibles valeurs de DE1 de l'azote observées sur nos échantillons sont cohérentes avec les données actuelles du terrain, et sont à relier directement aux températures de traitement mises en œuvre actuellement dans les usines qui sont plus élevées qu'auparavant.

Néanmoins, elles ne remettent pas en cause la validité du modèle de prédiction de la DT de l'azote à partir de la DE1, car ce nouveau jeu de données (DE1, DTN) est dans le prolongement direct de la relation proposée en 1989 par Aufrère *et al* pour le TCZ industriel (non tanné). Cette contradiction apparente tient au fait qu'il n'y a pas eu de synthèse ni d'actualisation depuis les années 90 concernant les valeurs de DE1, contrairement aux valeurs de DTN qui ont été révisées dans les différentes éditions des Tables INRA.

Les valeurs azotées moyennes, calculées dans le système INRA 2007 sur les 15 échantillons de cette étude, sont très voisines de celles proposées en référence dans la Table. Elles permettent de confirmer la pertinence des valeurs moyennes estimées dans l'enquête CNC 2010 sur un nombre plus important d'échantillons.

Calculées dans le futur système d'unités "Systali", les valeurs "tables" du TCZ sont légèrement différentes des valeurs INRA 2007, avec un ratio PDIN/PDIE plus élevé.

Lorsque le TCZ est incorporé dans des rations classiques pour vaches laitières à base d'ensilage de maïs, les valeurs azotées "rations" "Systali" sont légèrement améliorées par rapport aux valeurs "tables" "Systali".

Les auteurs remercient Arvalis - Institut du Végétal pour son appui technique et matériel, ainsi que l'ONIDOL, le CETIOM et le Comité National des Coproduits pour leur participation financière.

AFZ, 2013. *io* - La banque de données de l'alimentation animale. Association Française de Zootechnie, Paris

AIRFAF Bretagne, 2010. Journée Technique Ferme des Trinottières. 12 mars 2010.

Aufrère J., Michalet-Doreau B., 1988. Anim. Feed. Sci., 20, 203-218.

Aufrère J., Graviou D., Demarquilly C., Vérité R., Michalet-Doreau B., Chapoutot P., 1989. INRA Prod. Anim., 2 (4), 249-254.

Baumont R., Dulphy J.P., Sauvart D., Tran G., Meschy F., Aufrère J., Peyraud J.L., Champciaux P., 2007. In

Alimentation des bovins, ovins et caprins - Tables INRA 2007. Editions Quae, Collection Guides pratiques, p 181-275.

Chapoutot P., Gillet P., Rouillé B., 2011a. CR final N° 001131006. Institut de l'Elevage. Paris. 26p.

Chapoutot P., Gillet P., Rouillé B., 2011b. Renc. Rech. Ruminants, 18:127.

Chapoutot P., Nozière P., Sauvart D., 2013. 64th meeting EAAP, sous presse

Michalet-Doreau B., Vérité R., Chapoutot P., 1987. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 69, 5-7.

Ørskov E.R., and McDonald I., 1979. J. Agric. Sci. Camb. 92: 499-503.

Peyronnet C., 2010. Conférences AGROPOL. SPACE Rennes 16-17/09/2010.

Sauvart D., Perez J.M., Tran G., (éds), 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. 2^{ème} édition, revue et corrigée. INRA - AFZ, Paris, 304 pages

Sauvart D., Nozière P., 2013. Renc. Rech. Ruminants, 20, sous presse

