

Avril 2011

Compte-rendu final 0011 31 006

Département Techniques d'élevage et Qualité

Service Conduite et Traite des Troupeaux Laitiers

Patrick CHAPOUTOT^{1&4}, Philippe GILLET^{2&4}, Benoît ROUILLE^{3&4}

¹ AgroParisTech ; ² Contrôle Laitier 52 ; ³ Institut de l'Élevage ; ⁴ Comité National des Coproduits

COLLECTION RÉSULTATS

Enquête sur la valeur nutritive du tourteau de colza pour les ruminants Enquête en exploitations laitières



INSTITUT DE
L'ÉLEVAGE



Avril 2011
Compte-rendu N° 001131006
Département Technique d'Elevage et Qualité
Service Conduite et Traite des Troupeaux Laitiers

P. CHAPOUTOT^{1,4}, Ph. GILLET^{2,4} & B. ROUILLE^{3,4}

¹ AgroPARisTech ; ² Contrôle Laitier 52 ; ³ Institut de l'Elevage ; ⁴ Comité National des Coproduits

Enquête sur la valeur nutritive du tourteau de colza pour les ruminants

Enquête en exploitations laitières

Collection Résultats

Résumé

L'objectif de cette étude, sollicitée par le Comité National des Coproduits (CNC) et cofinancée par la Chambre d'Agriculture et le Contrôle Laitier de la Haute-Marne (CL-52), est de faire un état des lieux de la variabilité de qualité des tourteaux de colza actuellement disponibles sur le terrain et de l'interpréter, notamment en termes de valeur azotée pour les ruminants.

35 échantillons ont été récoltés chez des éleveurs au printemps 2010 à l'initiative du CL-52 dans la région Nord-est et par l'intermédiaire de l'Institut de l'Élevage, du Pôle Herbivores de Bretagne et de Bretagne Contrôle Laitier 35 dans le Grand-Ouest. L'appréciation visuelle (couleur, forme de présentation...), physique (densité) et l'origine des échantillons (usine ou pays d'importation) ont été enregistrées. Les analyses des échantillons (MS, MM, MAT, MG, CB, ADL et DE1) ont été réalisées en laboratoire.

La composition chimique moyenne du tourteau de colza est assez cohérente avec les valeurs proposées dans les tables récentes. La variabilité globale observée actuellement est plus faible par rapport aux enquêtes d'il y a 10 ans. Cependant, il apparaît une influence marquée du procédé d'obtention des tourteaux, à travers des différences entre usines statistiquement significatives, notamment sur la teneur en MAT et la qualité des protéines.

Une évaluation plus précise de la qualité des protéines du tourteau de colza nécessiterait la systématisation de la mesure de la dégradabilité enzymatique de l'azote (DE1) dans les enquêtes "Qualité du tourteau de colza" à venir organisée par l'Interprofession, ainsi que la confrontation de ce critère avec la solubilité de l'azote dans la soude, actuellement mesurée pour évaluer la dénaturation des glucosinolates pour les monogastriques.

Par ailleurs, le modèle de prédiction de la dégradabilité théorique de l'azote dans le rumen (DT) à partir de la DE1 mériterait d'être "revisité" pour intégrer les plages de variations actuelles de ce critère, compte tenu des évolutions technologiques récentes et des différences de procédés mis en œuvre d'une usine à l'autre.

Le Comité National des Coproduits se rapprochera des organismes de recherches et de l'Interprofession des Oléagineux pour donner suite à cette étude.

Sommaire

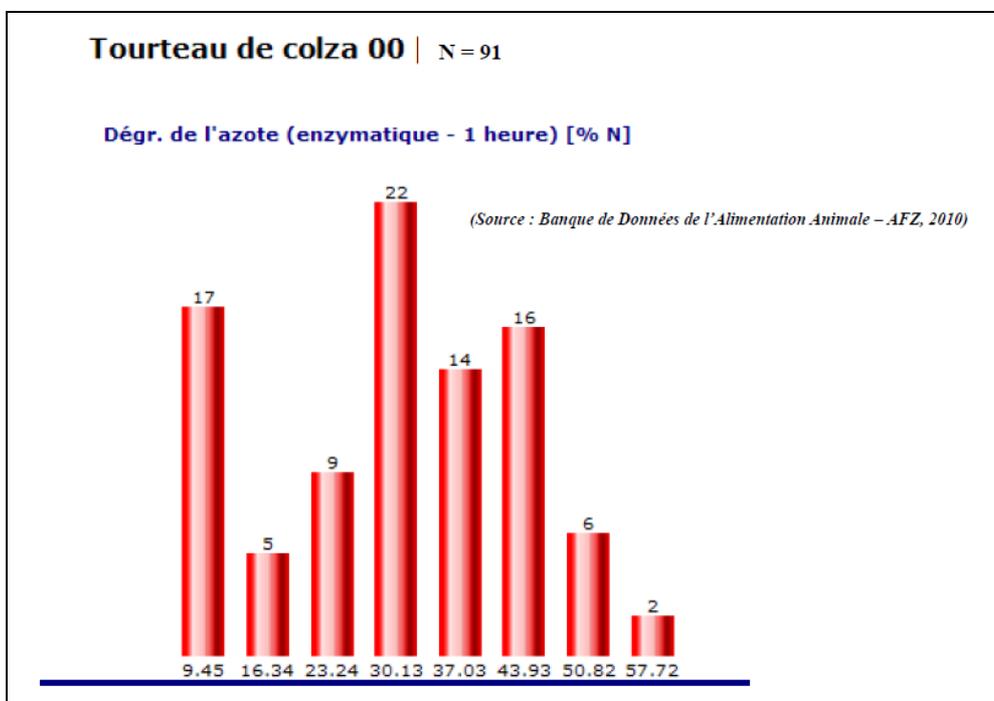
I. INTRODUCTION	4
II. MODALITES DE PRELEVEMENTS ET D'ANALYSES DES ECHANTILLONS DE L'ENQUETE CNC 2010	5
III. ANALYSE DE LA QUALITE DU TOURTEAU DE COLZA	5
1. Composition chimique moyenne et variabilité	5
2. Influence de l'origine des échantillons	8
3. Influence du procédé technologique sur la qualité des tourteaux	12
IV. ESTIMATION DE LA VALEUR NUTRITIVE DU TOURTEAU DE COLZA	14
1. Valeurs énergétiques estimées par la méthode factorielle	14
2. Valeurs azotées estimées par la méthode factorielle	16
V. ETUDE DES BIAIS LIES AUX MODELES DE PREDICTION "ALIMENTS COMPOSES"	20
1. Prédiction des valeurs nutritives du tourteau de colza par les modèles "aliments composés"	20
2. Simulation de la valeur azotée de divers mélanges d'aliments composés	22
VI. CONCLUSIONS	25
VII. LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	26

I. Introduction

Avec une production nationale de 2 millions de tonnes en 2009 et un objectif de 2,5 MT en 2011 (Vermeersch, 2010), le tourteau de colza représente une source azotée importante pour l'alimentation animale permettant de réduire partiellement la dépendance nationale vis-à-vis du tourteau de soja importé.

Pour les ruminants, principal débouché de cette matière première, l'appréciation de la valeur azotée passe notamment par l'estimation du niveau de dégradation de l'azote dans le rumen. Les tables actuellement disponibles, INRA-AFZ 2004 (Sauvant et al., 2004) et INRA 2007 (Baumont et al., 2007), confèrent au tourteau de colza une valeur de dégradabilité élevée (69 %). La prédiction de cette valeur peut être faite à partir d'une mesure en laboratoire : la dégradabilité enzymatique (DE1). Les mesures de DE1, non systématisées, sont peu nombreuses et reflètent une variabilité importante (**Figure 1**; AFZ, 2010).

Figure 1 : Variabilité des valeurs de dégradabilité enzymatique (DE1) mesurées sur le tourteau de colza



L'objectif de cette étude, sollicitée par le Comité National des Coproduits (CNC) et cofinancée par la Chambre d'Agriculture et le Contrôle Laitier de la Haute-Marne (CL-52), est de faire un état des lieux de la variabilité de qualité des tourteaux de colza actuellement disponibles sur le terrain et de l'interpréter, notamment en termes de valeur azotée pour les ruminants.

II. Modalités de prélèvements et d'analyses des échantillons de l'enquête CNC 2010

35 échantillons ont été récoltés chez des éleveurs au printemps 2010 (du 20 mars au 21 mai) à l'initiative du CL-52 dans la région Nord-est et par l'intermédiaire de l'Institut de l'Élevage, du Pôle Herbivores de Bretagne et de Bretagne-Contrôle-Laitier-35 dans la région Ouest. L'appréciation visuelle (couleur, forme de présentation...) ou physique (densité) et l'origine des échantillons (usine ou pays d'importation) ont été enregistrées. Les analyses des échantillons (MS, MM, MAT, MG, CB, ADL et DE1) ont été réalisées par le laboratoire INZO° (Chierry, 02).

III. Analyse de la qualité du tourteau de colza

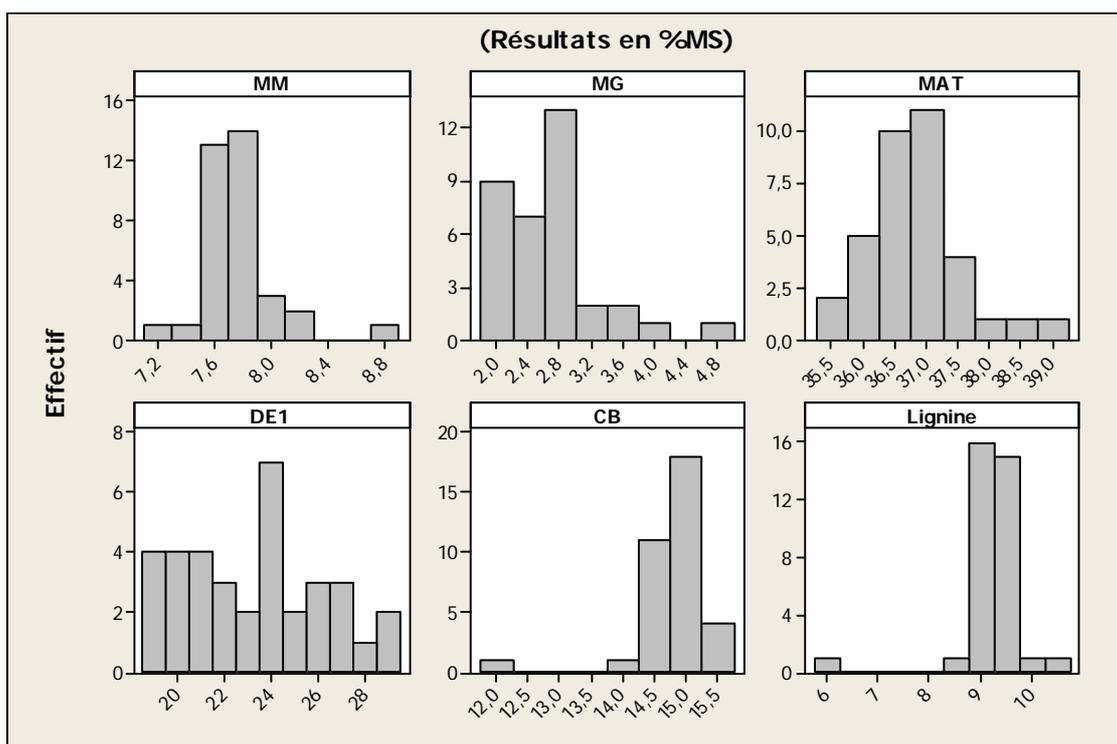
1. Composition chimique moyenne et variabilité

Les résultats de composition chimique (moyenne et variabilité) des échantillons de cette enquête CNC-2010 sont présentés au **Tableau 1**. La dispersion de ces données est illustrée par les histogrammes de la **Figure 2**.

Tableau 1 : Composition chimique des tourteaux de colza, enquête CNC 2010.

	N	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
MS (en % produit brut)	35	88,9	0,6	87,1	90,3
MM (en % MS)	35	7,8	0,3	7,3	8,8
MG (en % MS)	35	2,6	0,6	1,9	4,7
MAT (en % MS)	35	36,8	0,8	35,3	39,1
DE1 (en % N)	35	23,3	3,0	18,7	29,2
CB (en % MS)	35	14,8	0,6	12,0	15,6
Lignine (en % MS)	35	9,2	0,7	5,9	10,3

Figure 2 : Variabilité de composition des tourteaux de colza, enquête CNC-2010



La teneur en MAT (36.8 ± 0.8 % MS) a varié de 35 à 39 % MS, la teneur en CB (14.6 ± 0.6 % MS) était comprise entre 12.0 et 15.6 % MS. La DE1 a présenté une plus grande plage de variation (CV = 13%) autour de 23.3 ± 3.0 % (de 19 à 29 %).

Ces échantillons de tourteau de colza ont présenté des valeurs moyennes de composition chimique assez voisines de celles proposées dans les Tables INRA-AFZ 2004 (Sauvant et al., 2004), dans la Banque de Données de l'Alimentation Animale (AFZ, 2010) ou dans les enquêtes récentes du CETIOM (Dauguet et al., 2010, cités par Peyronnet, 2010) ou de l'IRFAF Bretagne (IRFAF Bretagne, 2010) (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Comparaison aux valeurs des Tables et enquêtes récentes

N = 2820 d'après les Tables INRA-AFZ (2004)		
(en %MS)	Moyenne	Ecart Type
MM	7,9	0,6
MG	2,6	1,0
MAT	38,0	1,5
CB	14,0	1,5
Lignine	10,7	2,0

N = 88 d'après Enquête CETIOM 2009 ⁽¹⁾		
(en %MS)	Moyenne	Ecart Type
MM	-	-
MG	3,2	0,8
MAT	37,2	1,0
CB	15,0	0,6

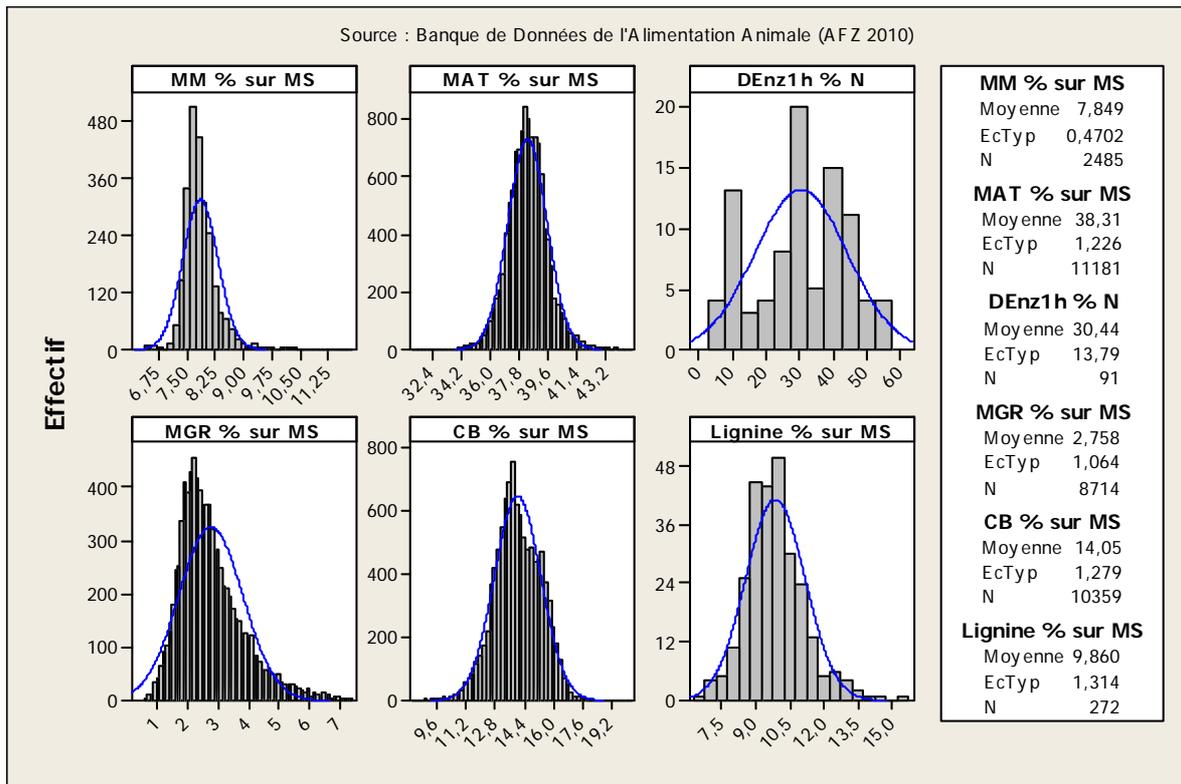
N = 22 d'après Enquête AIRFAF Bretagne 2010 ⁽²⁾		
(en %MS)	Moyenne	Ecart Type
MM	7,8	0,3
MG	2,5	0,7
MAT	37,0	0,5
CB	15,3	0,5

d'après io7 ⁽³⁾			
(en %MS)	Moyenne	Ecart Type	N
MM	7,8	0,5	2485
MG	2,8	1,1	8714
MAT	38,3	1,2	11181
CB	14,0	1,3	10359
Lignine	9,9	1,3	272

⁽¹⁾ : Peyronnet, 2010 - ⁽²⁾ : AIRFAF, 2010 - ⁽³⁾ : io7, la Banque de Données de l'Alimentation Animale, (AFZ, 2010)

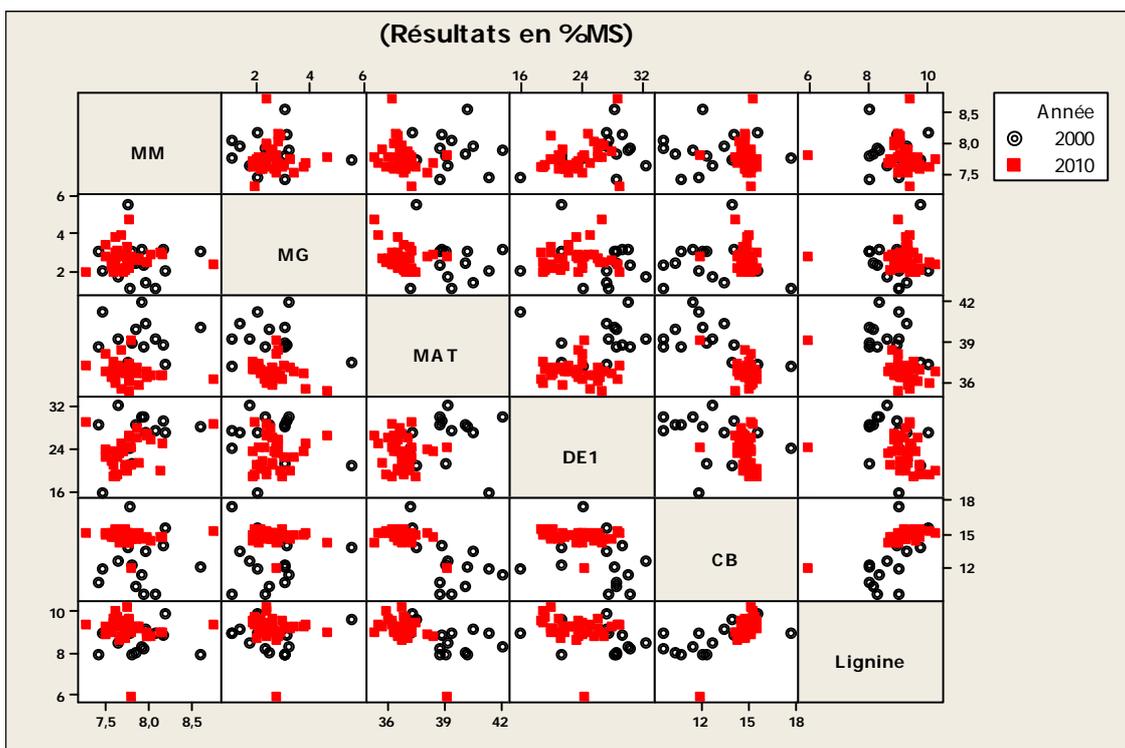
La variabilité observée ici est proche de celle constatée dans les 2 enquêtes précitées. Par contre, elle est légèrement plus faible que celle observée dans les tables INRA-AFZ (2004) ou dans la Banque de Données de l'Alimentation Animale (AFZ, 2010) (**Tableau 2** et **Figure 3**), notamment en raison du très grand nombre d'échantillons pris en compte dans ces dernières compilations, de leur diversité d'origines géographiques et du caractère pluriannuelle des données synthétisées.

Figure 3 : Variabilité de composition chimique du tourteau de colza 00 dans la Banque de Données de l'Alimentation Animale (AFZ, 2010)



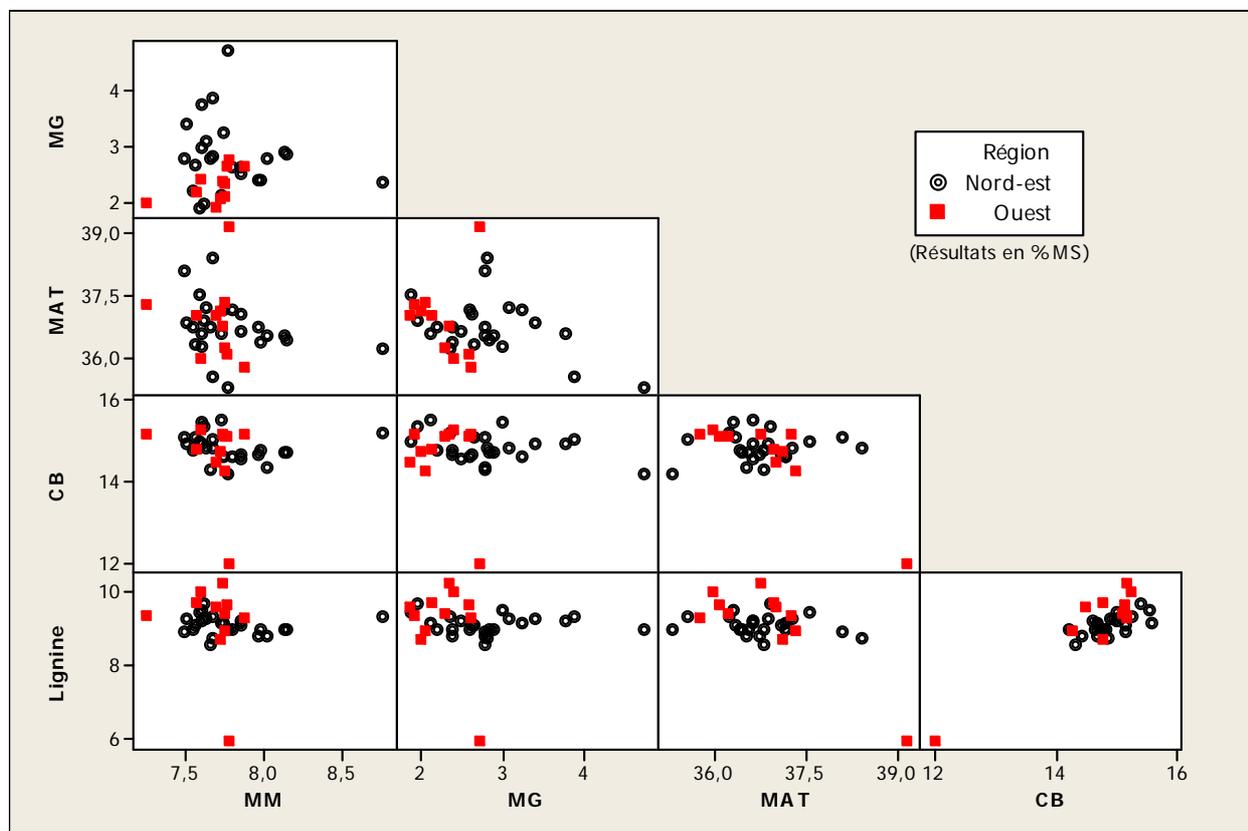
Notre étude CNC 2010 montre également des résultats beaucoup plus "resserrés" que ceux obtenus lors d'une enquête réalisée en 2000 par le CL-52 (P. GILLET, CL-52, communication personnelle), en particulier sur les valeurs de MAT, CB et DE1 (**Figure 4**).

Figure 4 : Comparaison des échantillons de tourteaux de colza collectés en 2000 et 2010



La **Figure 5** montre qu'il n'apparaît pas de relations globales évidentes entre les différents critères de composition chimique sur cette sous-population. Cette absence de corrélations concernant le tourteau de colza déshuilé est confirmée dans la Banque de Données de l'Alimentation Animale entre les critères MAT et CB ($R^2 = 0.066$ $n = 10\ 276$) ou MAT et MG ($R^2 = 0.013$ $n = 9\ 094$) (www.feedbase.com, octobre 2010).

Figure 5 : Relation entre les critères de composition chimique du tourteau de colza, enquête CNC 2010



Par contre, cette figure montre également la plus grande dispersion des échantillons prélevés dans la région Ouest par rapport à ceux collectés dans la région Nord-est, les différences entre régions n'apparaissant pas statistiquement significatives. De plus, ce constat cache une forte confusion d'effets avec l'origine des échantillons qui n'est pas la même d'une région à l'autre (voir ci-après).

2. Influence de l'origine des échantillons

Il est apparu intéressant de tester l'influence de l'origine des échantillons, bien que le plan de collecte des échantillons n'ait pas été conçu directement pour cela. Les échantillons proviennent de 6 usines françaises et certains sont d'importation (Allemagne, Belgique). Le **Tableau 3** indique la répartition des échantillons selon leurs origines.

Tableau 3 : Répartition des échantillons selon leur origine

Origines	Région		Total
	Nord-est	Ouest	
Baleycourt	11		11
Le Mériot	7		7
Rouen		5	5
Montoir		4	4
Brest	1	1	2
Huningue	2		2
Allemagne	2		2
Belgique	1		1

Cet effet "origine" a été testé par analyse de variance sur les 35 échantillons pour les critères MS, MM, MAT et DE1. Pour les critères CB et Lignine, un échantillon statistiquement "aberrant" dans cette sous-population a été éliminé (n = 34) de l'analyse statistique. Le **Tableau 4** rapporte les moyennes et erreurs types de chaque critère selon les origines des tourteaux de colza.

Tableau 4 : Influence de l'origine des échantillons sur la composition chimique du tourteau de colza

Origines	MM (% MS)		MAT (% MS)		DE1 (% N)	
	Moyenne	<i>Err. Type</i>	Moyenne	<i>Err. Type</i>	Moyenne	<i>Err. Type</i>
Baleycourt	7,98	0,06	36,43	0,19	25,56	0,79
Le Mériot	7,59	0,08	36,76	0,24	20,60	0,99
Rouen	7,75	0,10	36,16	0,28	22,08	1,18
Montoir	7,70	0,11	37,57	0,32	22,50	1,31
Brest	7,65	0,15	37,63	0,45	22,50	1,86
Huningue	7,65	0,15	37,51	0,45	23,55	1,86
Allemagne	7,50	0,15	37,21	0,45	24,50	1,86
Belgique	7,66	0,22	36,78	0,63	23,20	2,63
Effet	(p = 0,032)	<i>ETR</i> = 0,22	(p = 0,022)	<i>ETR</i> = 0,63	(p = 0,060)	<i>ETR</i> = 2,63

Err. Type : Erreur Type de la moyenne

Origines	MG (% MS)		CB (% MS)		Lignine (% MS)	
	Moyenne	<i>Err. Type</i>	Moyenne	<i>Err. Type</i>	Moyenne	<i>Err. Type</i>
Baleycourt	2,94	0,18	14,72	0,08	9,12	0,09
Le Mériot	2,45	0,22	15,19	0,10	9,35	0,11
Rouen	2,45	0,27	15,15	0,12	9,74	0,13
Montoir	2,19	0,30	14,00	0,15	8,50	0,17
Brest	2,69	0,42	14,88	0,18	9,00	0,20
Huningue	3,27	0,42	14,91	0,18	9,04	0,20
Allemagne	2,59	0,42	14,91	0,18	9,31	0,20
Belgique	2,77	0,59	14,31	0,26	8,63	0,29
Effet	(p = 0,335)	<i>ETR</i> = 0,59	(p = 0,004)	<i>ETR</i> = 0,26	(p = 0,011)	<i>ETR</i> = 0,29

Err. Type : Erreur Type de la moyenne

(n = 35 pour MM, MG, MAT, DE1 ; n = 34 pour CB et Lignine)

Les différences de composition entre provenances sont illustrées dans la Figure 6, la Figure 7 et la Figure 8.

Figure 6 : Influence de l'origine sur la composition des tourteaux de colza (1)

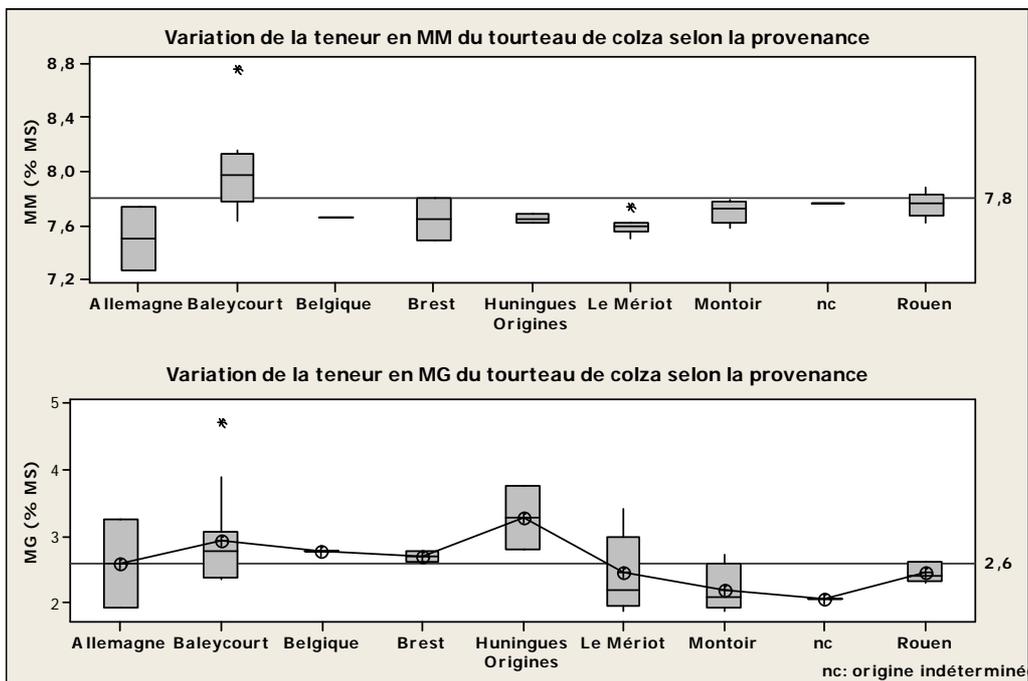


Figure 7 : Influence de l'origine sur la composition des tourteaux de colza (2)

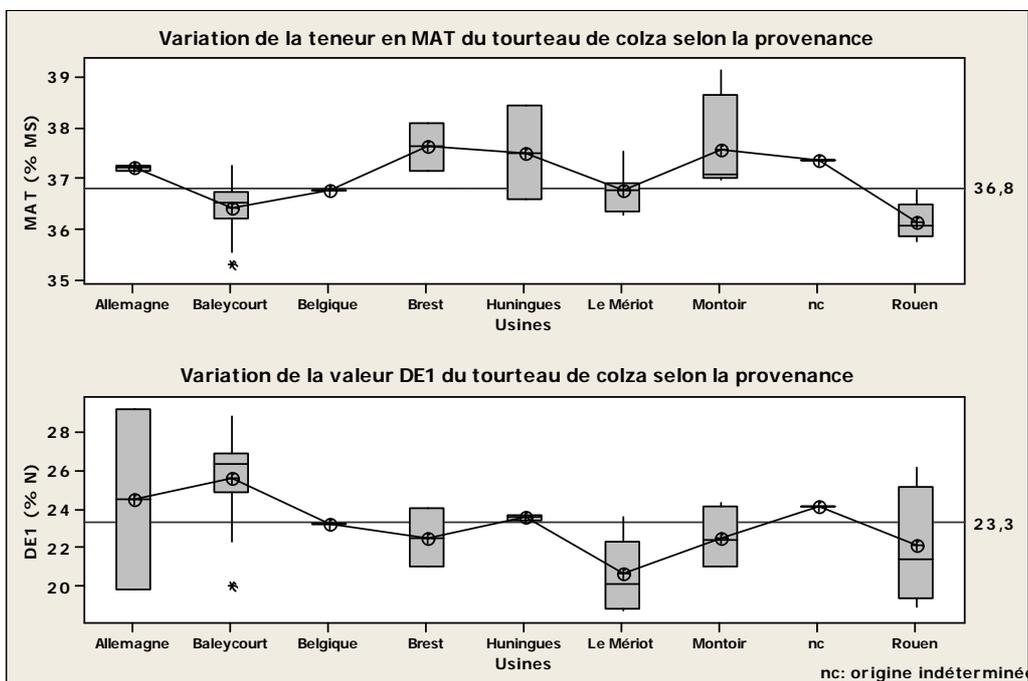
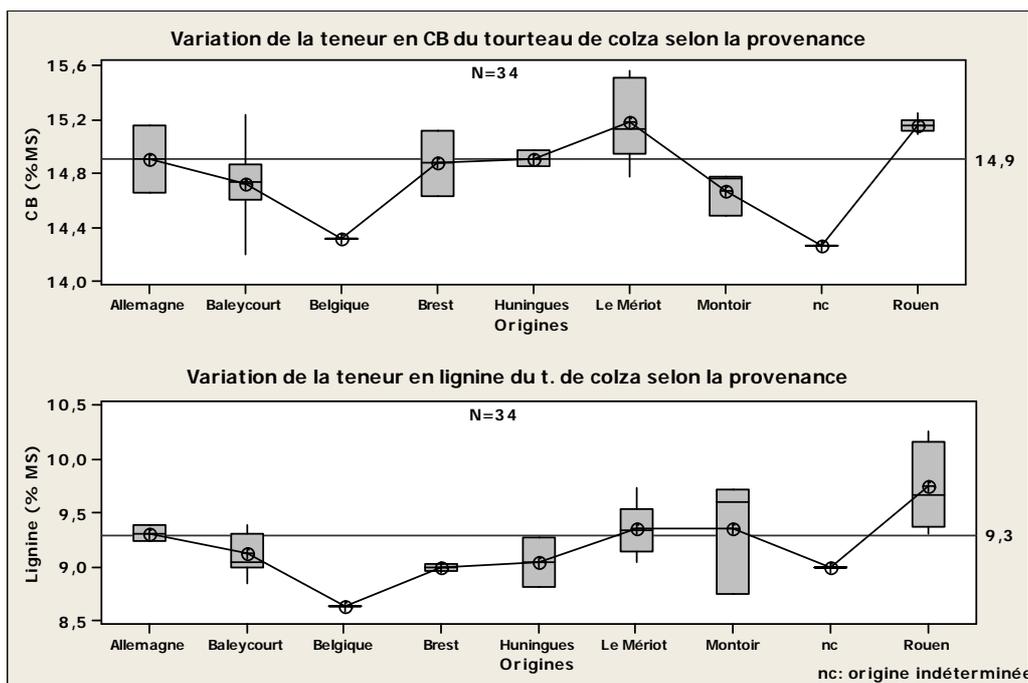
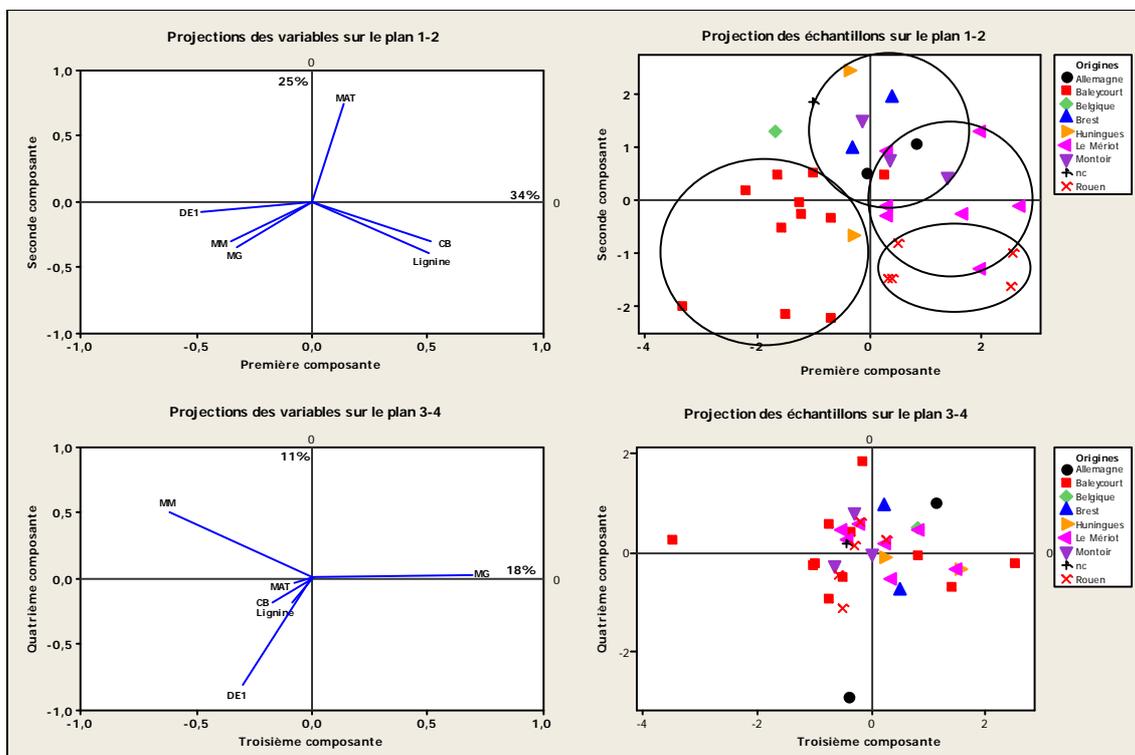


Figure 8 : Influence de l'origine sur la composition des tourteaux de colza (3)



Il n'apparaît aucune différence statistiquement significative entre origines sur la teneur en MG. Les tourteaux provenant de l'usine de Baleyecourt semblent titrer plus de MM et moins de MAT (comme ceux de Rouen) mais présentent une DE1 plus élevée à l'inverse de ceux du Mériot. Les tourteaux les plus riches en MAT proviennent de Brest, Huningue ou Montoir. Par contre, les usines de Rouen et du Mériot produisent des tourteaux plus riches en constituants pariétaux (CB et Lignine). Une analyse en composantes principales synthétise l'ensemble de ces résultats à la **Figure 9**.

Figure 9 : Etude de la variabilité de composition des tourteaux de colza par ACP



3. Influence du procédé technologique sur la qualité des tourteaux

Dans cette enquête, aucune information n'était disponible sur les procédés technologiques appliqués au sein des différentes usines.

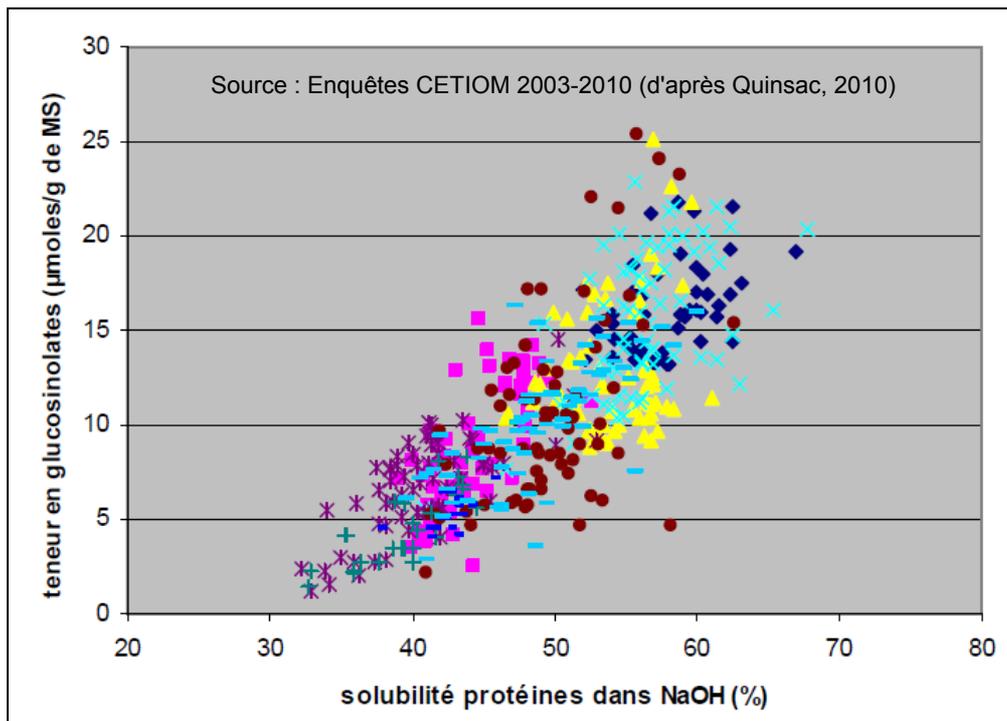
Les traitements thermiques, notamment, peuvent influencer la dégradabilité de l'azote. Seules les observations visuelles sur la couleur (claire ou foncée) et la forme de présentation (farine, granulé ou mixte) des tourteaux ont été enregistrées et ont pu être mises en relation avec la qualité de l'azote. Dans cette population d'échantillons, la couleur n'a pas permis d'expliquer les écarts de DE1. Par contre la présentation sous forme de granulé (induisant un chauffage plus important) a conduit à une DE1 légèrement plus faible, la différence étant à la limite de la signification statistique (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Influence de la forme de présentation sur la valeur DE1 des tourteaux de colza

Modèle linéaire général : DE1 en fonction de présentation						
Facteur	Type	Niveaux	Valeurs			
Présentation	fixe	4	Granulé ; nc ; Poudre ; Poudre et granulé			
Analyse de la variance pour DE1, avec utilisation de la somme des carrés ajustée pour les tests						
Source	DL	SomCar séq	SomCar ajust	CM ajust	F	P
Présentation	3	56,024	56,024	18,675	2,35	0,091
Erreur	31	245,898	245,898	7,932		
Total	34	301,922				
S = 2,81642		R carré = 18,56 %		R carré (ajust) = 10,67 %		
Moyennes issues des moindres carrés pour DE1						
Présentation	Moyenne	Err Typ				
Granulé	20,64	1,2595				
nc	23,85	1,9915				
Poudre	24,25	0,6638				
Poudre et granulé	22,68	0,8906				

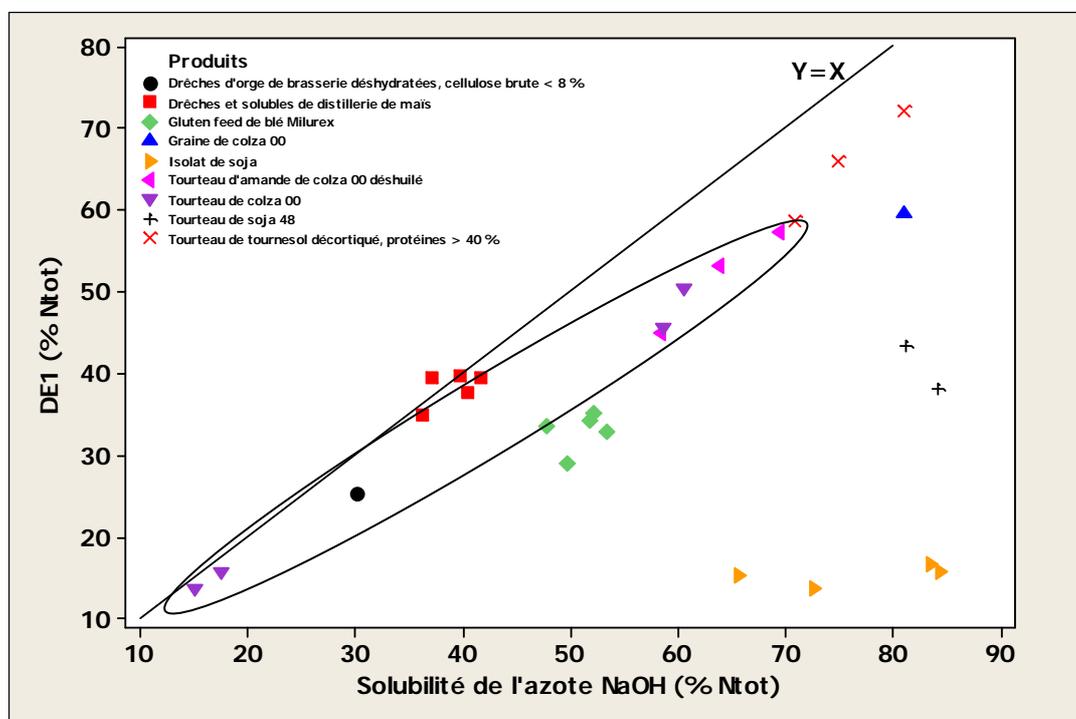
Les enquêtes annuelles réalisées par le CETIOM présentent les résultats de solubilité de l'azote dans la soude. Cette mesure permet d'estimer le degré de chauffage des tourteaux et est assez bien reliée à la concentration en glucosinolates totaux (Quinsac, 2010) (**Figure 10**)

Figure 10 : Relation entre solubilité à la soude de l'azote et teneurs en glucosinolates du tourteau de colza



Il apparaît à travers les résultats compilés par la Banque de Données de l'Alimentation Animale (AFZ, 2010), sur divers matières premières riches en azote, que la solubilité de l'azote dans la soude est bien corrélée à la DE1 pour le tourteau de colza (**Figure 11**). Cependant, les données disponibles conjointement sur les 2 critères pour cette matière première restent rares.

Figure 11 : Relation entre la dégradabilité enzymatique et solubilité à la soude de l'azote



Source : Banque de Données de l'Alimentation Animale, (AFZ, 2010)

IV. Estimation de la valeur nutritive du tourteau de colza

L'estimation de la valeur nutritionnelle des aliments passe par la connaissance, d'une part, des caractéristiques de composition chimique de l'aliment et, d'autre part, de l'efficacité de l'utilisation des différentes fractions par l'animal, évaluée par différents prédicteurs. Cette démarche, appelée méthode factorielle, est celle proposée dans les Tables INRA 2004 (Sauvant et al., 2004) et 2007 (Beaumont et al., 2007).

1. Valeurs énergétiques estimées par la méthode factorielle

Les valeurs énergétiques ont été calculées par la méthode factorielle à partir des critères chimiques mesurés sur les échantillons et en utilisant certaines équations ou valeurs spécifiques au tourteau de colza pour la prédiction de l'EB, de la dMO ou de la dE issues des Tables INRA-AFZ 2004 (Sauvant et al., 2004) (**Tableau 6**).

Tableau 6 : Equations de prédiction de la valeur énergétique spécifiques au tourteau de colza (INRA-AFZ, 2004)

$EB = 4134 + 1,473 \cdot MAT + 5,239 \cdot MG + 0,925 \cdot CB - 4,44 \cdot MM + \Delta$ avec $\Delta=0$ pour le T. Colza (EB en kcal/kg MS et MAT, MG, CB, MM en g/kg MS)
$dMO = 97,51 - 0,1498 \cdot CB$ (n = 29 ; R = 0.79 ; ETR = 6.5) (dMO en % et CB en g/kg/MS)
$dE = dMO - 3,5 + 0,0046 \cdot MAT + 0,0155 \cdot MG$ (n = 216 ; R = 0.49 ; ETR = 1.8) (dE et dMO en % et MAT, MG en g/kg MS)

Les résultats sur les 35 échantillons de l'étude sont présentés au **Tableau 7**.

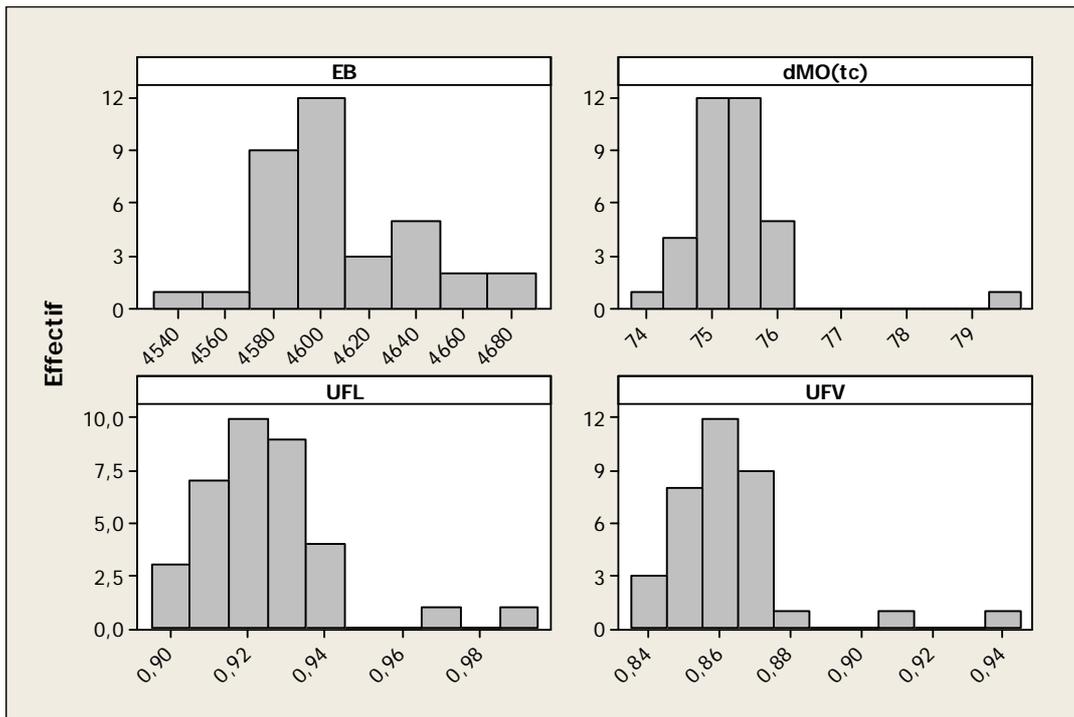
Tableau 7 : Valeurs énergétiques du tourteau de colza calculées selon les tables INRA-AFZ, 2004

(n = 35)	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
EB (kcal / kg MS)	4607	32	4542	4687
dMO (%)	75,3	0,9	74,2	79,6
dE (%)	73,9	0,9	72,7	78,3
ED (kcal / kg MS)	3406	53	3325	3616
EM (kcal / kg MS)	2622	41	2559	2776
ENL (kcal / kg MS)	1573	29	1531	1686
ENV (kcal / kg MS)	1570	35	1521	1714
UFL (/ kg MS)	0,93	0,02	0,90	0,99
UFV (/ kg MS)	0,86	0,02	0,84	0,94

Les valeurs ont varié respectivement de 0,90 à 0,99 UFL et de 0,84 à 0,94 UFV/kg MS. Les moyennes de $0,93 \pm 0,02$ UFL/kg MS et de $0,86 \pm 0,02$ UFV /kg MS sont légèrement plus faibles que les valeurs reportées dans les Tables INRA 2007 (Beaumont et al., 2007) (respectivement 0,96 UFL et 0,90 UFV/kg MS).

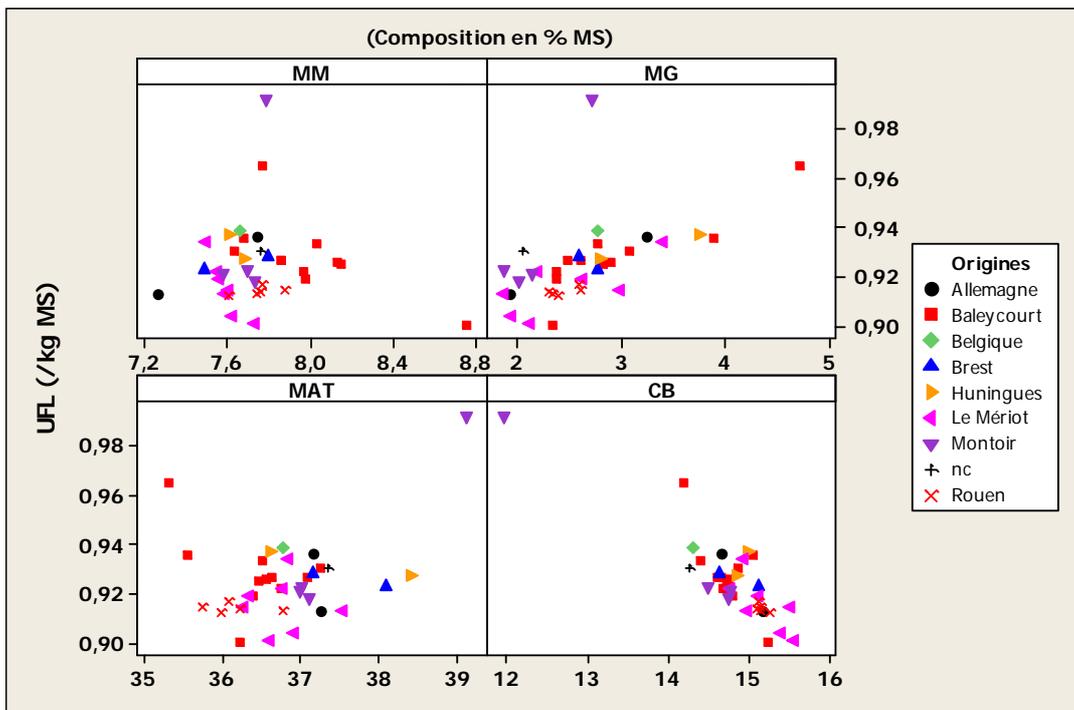
Un ou deux échantillons se distinguent par des valeurs supérieures (**Figure 12**) en raison de leurs plus faibles teneurs en constituants pariétaux ou de leur plus forte teneur en MG.

Figure 12 : Variabilité des valeurs énergétiques des échantillons de tourteau de colza calculées selon les tables INRA-AFZ, 2004



Malgré les différences constatées plus haut sur les critères de composition chimique, l'effet "origine" n'apparaît pas statistiquement significatif sur les valeurs UFL et UFV pour ce jeu de données (Figure 13).

Figure 13 : Variabilité de la valeur énergétique du tourteau de colza selon les origines



2. Valeurs azotées estimées par la méthode factorielle

Les valeurs PDI du tourteau de colza ont été calculées par la méthode factorielle selon les Tables INRA-AFZ 2004 sur la base de la composition chimique des échantillons et à partir des valeurs de DE1 (en %) permettant de prédire la DT de l'azote (en %) par la relation suivante (Aufrère et al., 1989) :

$$DT = 0,36 \cdot DE1 + 47,9 + \Delta \quad (n = 97 ; R^2 = 0,97 ; ETR = 3,0)$$

avec $\Delta = 14,5$ pour le tourteau de colza

Cependant, il est à noter que la plage de variation de la DE1 du tourteau de colza proposée dans ce modèle (\approx de 30 à 50, voire 70 %) n'est pas celle observée dans notre étude (\approx de 20 à 30 %) (**Figure 14** et **Figure 15**). Ce décalage est sans doute dû aux évolutions des procédés technologiques au cours des dernières décennies.

Figure 14 : Modèle de prédiction de la DT à partir de la DE1 (Aufrère et al., 1989)

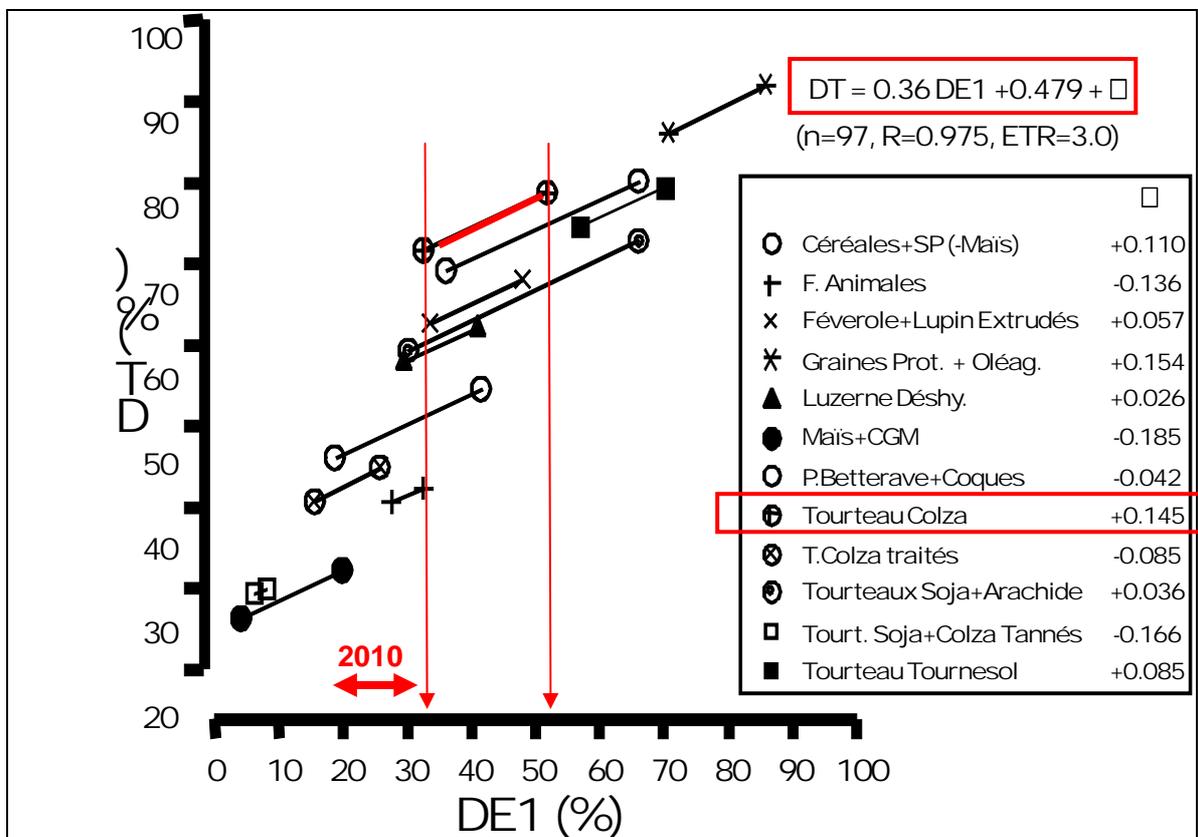
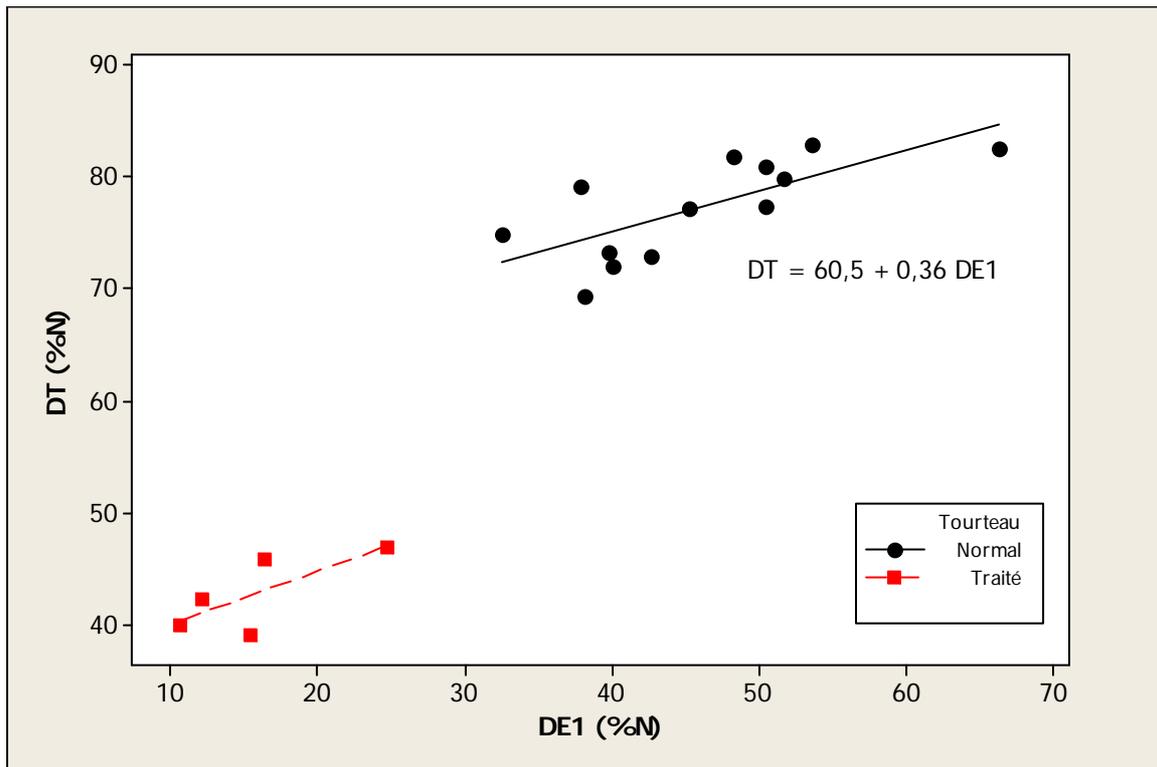


Figure 15 : Relation entre DE1 et DT de l'azote du tourteau de colza (d'après Aufrère, communication personnelle)



La digestibilité intestinale réelle des protéines alimentaires (dr, en %) a été calculée selon l'équation générale pour les matières premières :

$$dr = 88,3 + 0,371 \cdot MAT - 0,00370 \cdot (MAT)^2 - 1,07 \cdot \text{Lignine} - 0,313 \cdot \text{MOND}$$

(n = 69 ; R = 0,95 ; ETR = 4,7)
(avec MAT, Lignine, MOND en % MS)

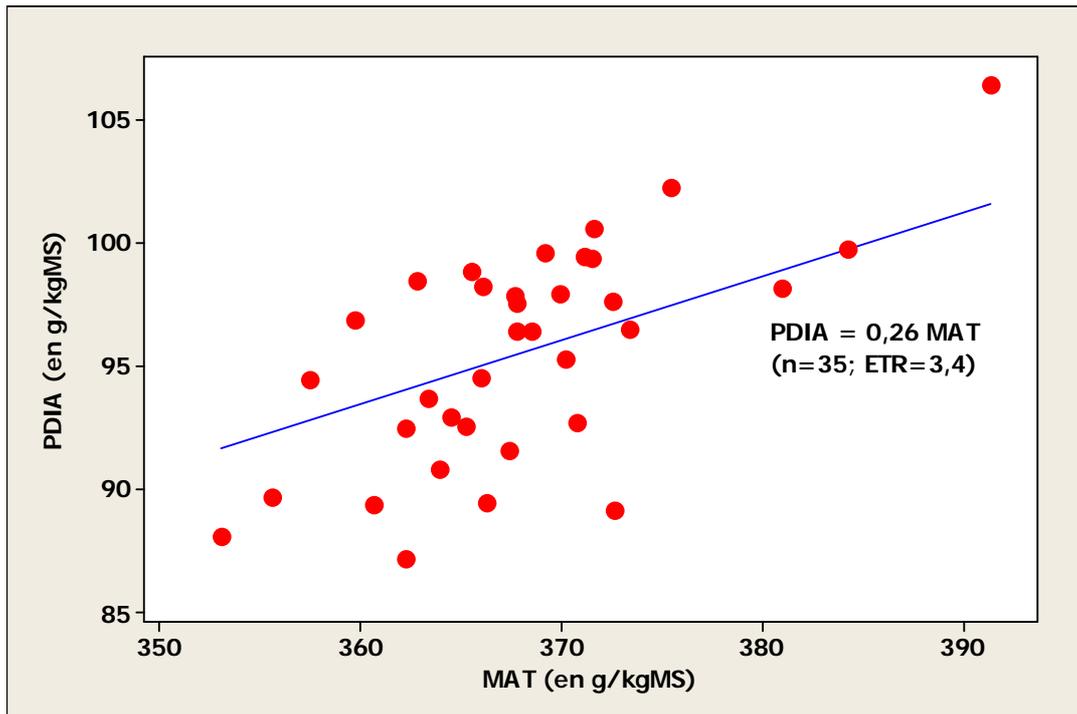
Les résultats sur les 35 échantillons de l'étude sont présentés au **Tableau 8**.

Tableau 8 : Valeurs azotées du tourteau de colza (calculées selon INRA-AFZ, 2004)

Variable	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
DT (%)	70,8	1,1	69,1	72,9
dr (%)	80,0	1,0	78,7	84,9
MOF (g/kg MS)	56	1	54	59
PDIA (g/kg MS)	96	4	87	106
PDIN (g/kg MS)	239	6	228	260
PDIE (g/kg MS)	148	5	139	162

Les valeurs moyennes de DT et dr estimées sont très voisines de celles des Tables INRA-AFZ (2004) : (respectivement 69 % et 79%), cependant leur variabilité inter-échantillons se traduit par des écarts de plus de 10 points sur les valeurs PDIA, pour une même teneur en MAT (**Figure 16**).

Figure 16 : Relation entre valeurs PDIA et teneur en MAT du tourteau de colza



Les valeurs azotées du tourteau de colza ont varié respectivement de 228 à 260 g PDIN /kg MS et de 139 à 161 g PDIE /kg MS. Les valeurs moyennes observées dans cette étude (PDIN = 239 ± 6 et PDIE = 148 ± 5 g/kg MS) sont sensiblement voisines de celles des Tables INRA (2007) (respectivement PDIN=247 et PDIE=155 g/kg MS).

Les relations entre les valeurs PDIN ou PDIE des échantillons, d'une part, et leur teneur en MAT, d'autre part, sont illustrées à la **Figure 17** et à la **Figure 18**.

Figure 17 : Relation entre valeurs PDIN et teneur en MAT du tourteau de colza

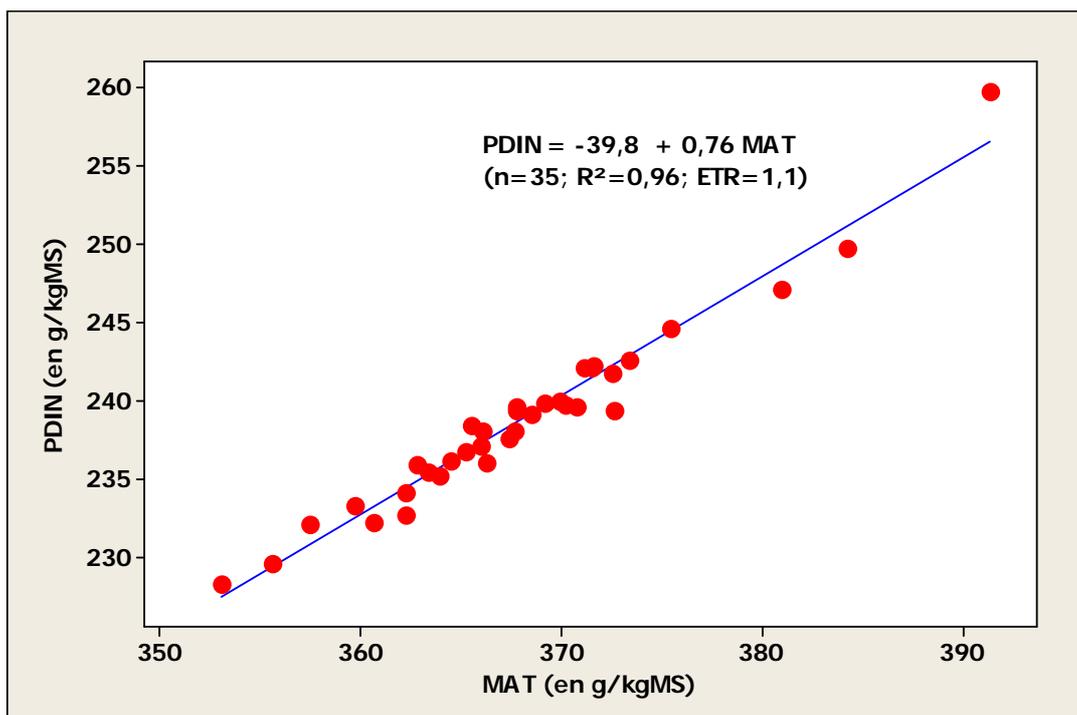
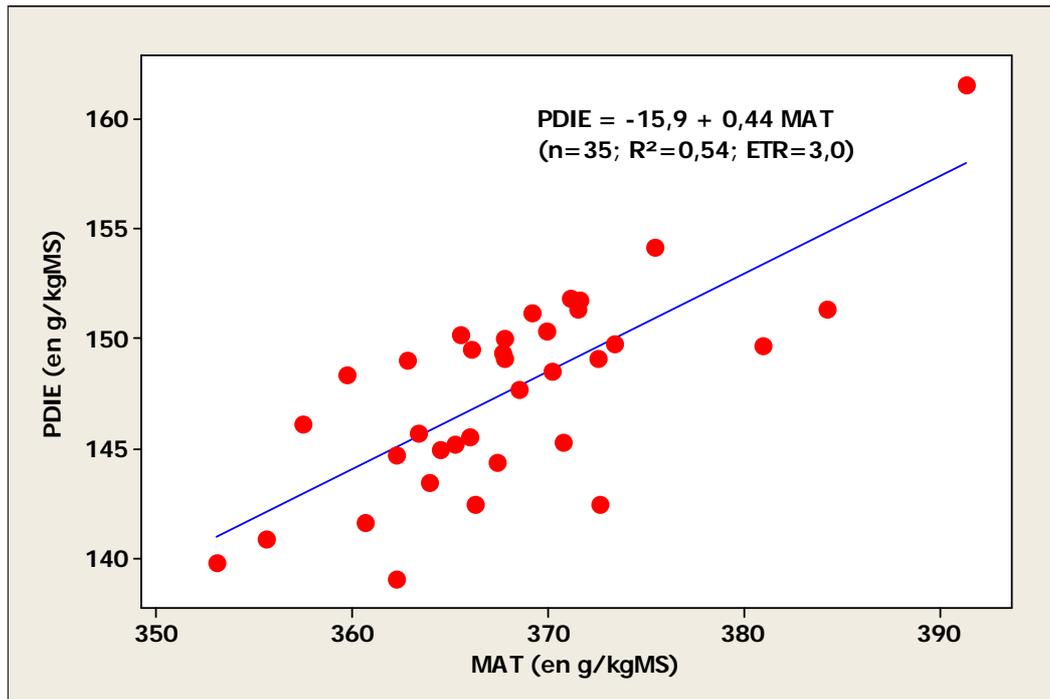
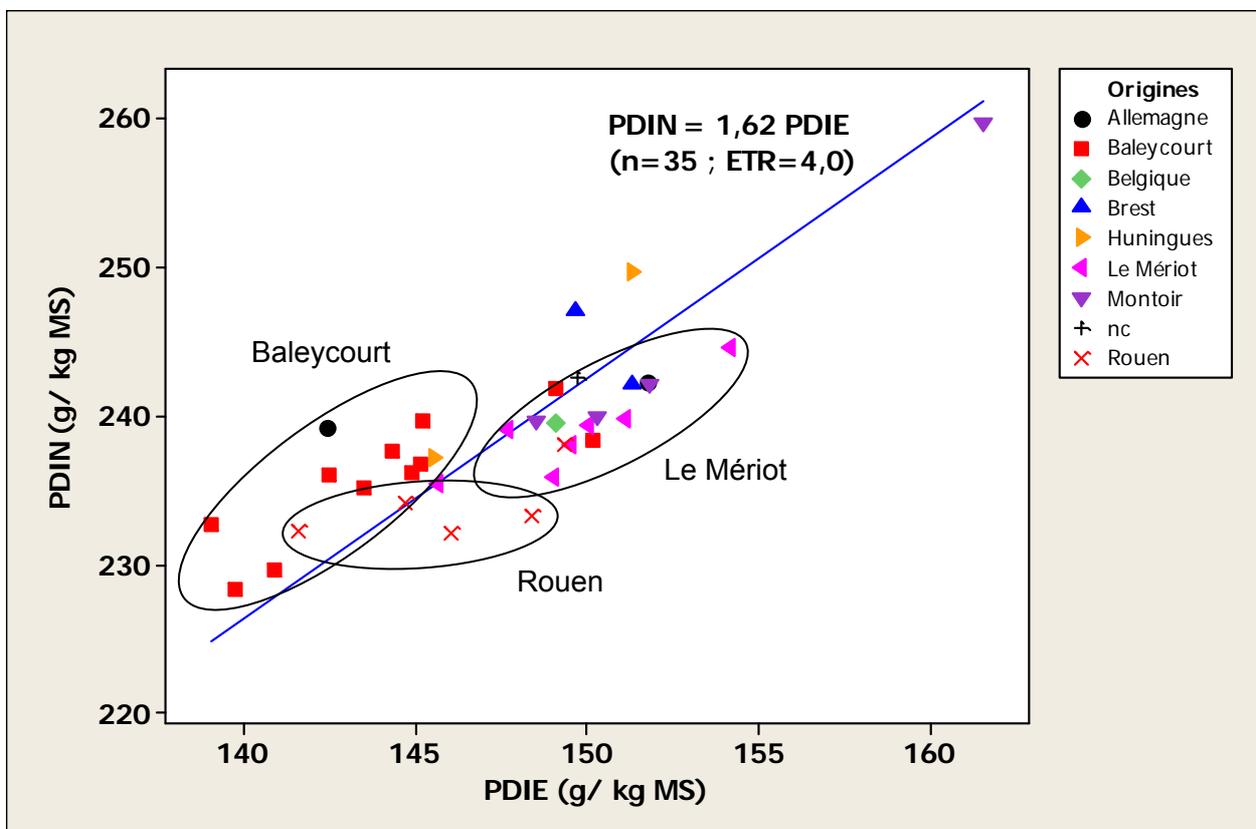


Figure 18 : Relation entre valeurs PDIE et teneur en MAT du tourteau de colza



Sur l'ensemble des tourteaux de colza récoltés dans cette enquête, le rapport PDIN/PDIE a varié de 1,57 à 1,68 autour d'une valeur moyenne de 1,62 (Figure 19).

Figure 19 : Influence de l'origine des tourteaux de colza sur leurs valeurs PDIN et PDIE



Comme pour les variables MAT et DE1, un effet significatif de l'origine des tourteaux apparaît sur ces valeurs azotées.

Ainsi, les variations de valeurs de DE1 observées d'un échantillon à l'autre se répercutent de façon logique sur les valeurs PDIN et PDIE du tourteau de colza.

Un écart de + 10 points de la valeur DE1 (entre 20 et 30 %) entre deux échantillons présentant la même composition chimique (valeurs moyennes observées sur les 35 échantillons), conduit à un écart de - 13, - 5 et - 13 g/kg MS respectivement sur les valeurs PDIA, PDIN et PDIE du tourteau de colza.

V. Etude des biais liés aux modèles de prédiction "Aliments composés"

Différents modèles de prédiction des valeurs énergétiques et azotées des aliments, établis directement à partir de leur composition chimique et de certains critères de mesures *in vitro*, ont été proposés par l'INRA pour les matières premières simples et pour les aliments composés.

Les modèles relatifs aux aliments composés s'appuient sur une origine très diverse des matières premières incorporées au sein des mélanges. Ces modèles sont souvent utilisés par les laboratoires d'analyses pour prédire la valeur nutritive des matières premières.

Cependant, l'utilisation de ces modèles "aliments composés" pour la prédiction des valeurs d'un type de matières premières donné (espèce, origine botanique ou technologique) peut conduire à des erreurs importantes.

Les biais sur les valeurs nutritives du tourteau de colza, engendrés par l'utilisation de tels modèles "aliments composés" au lieu de la démarche factorielle, sont présentés ci-après.

1. Prédiction des valeurs nutritives du tourteau de colza par les modèles "aliments composés"

Associés aux résultats d'analyses chimiques, le laboratoire INZO° a proposé des valeurs UFL-UFV et PDIA-PDIN-PDIE pour les échantillons de tourteau de colza étudiés. Ces valeurs ont été calculées à partir de modèles élaborés initialement pour les aliments composés (**Tableau 9**).

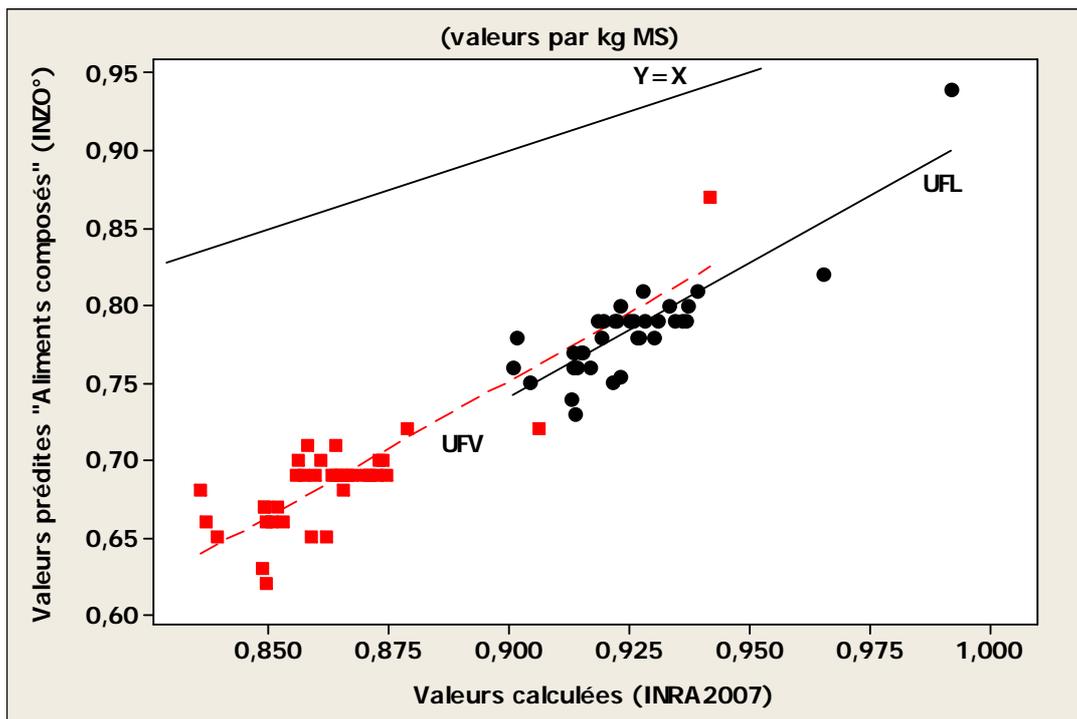
Tableau 9 : Modèles de prédiction des valeurs nutritives pour les aliments composés

<p><i>Pour les valeurs énergétiques (Giger-Reverdin et al., 1990) :</i></p> <p>UFL(ac) = 1,127 + 0,00145 MG + 0,000305 MAT - 0,00443 ADL (n=83 ; R=0.81 ; ETR=0.055)</p> <p>UFV(ac) = 1,133 + 0,00137 MG + 0,000280 MAT - 0,00544 ADL (n=83 ; R=0.80 ; ETR=0.068)</p> <p>avec UFL et UFV /kg MO et MG, MAT, ADL en g/kg MO</p> <p><i>Pour les valeurs azotées (Aufrère et al., 1989) :</i></p> <p>PDIA(ac) = - 0.211 MAT + 0.84 MANDE1 (n=49 ; R²=0.99 ; ETR=7.7)</p> <p>PDIN(ac) = 0,507 MAT + 0.278 MANDE1 (n=49 ; R²=0.96 ; ETR=3.4)</p> <p>PDIE(ac) = 67.1 - 0,220 MAT + 0.8028 MANDE1 (n=49 ; R²=0.96 ; ETR=8.8)</p> <p>Avec MANDE1 = MAT*(1-DE1/100) et PDIA, PDIN, PDIE, MAT en g/kg MS ; DE1 en %</p>
--

Les valeurs ainsi prédites sont en décalage important par rapport à celles calculées par la méthode factorielle dans les systèmes UF et PDI (cf. plus haut).

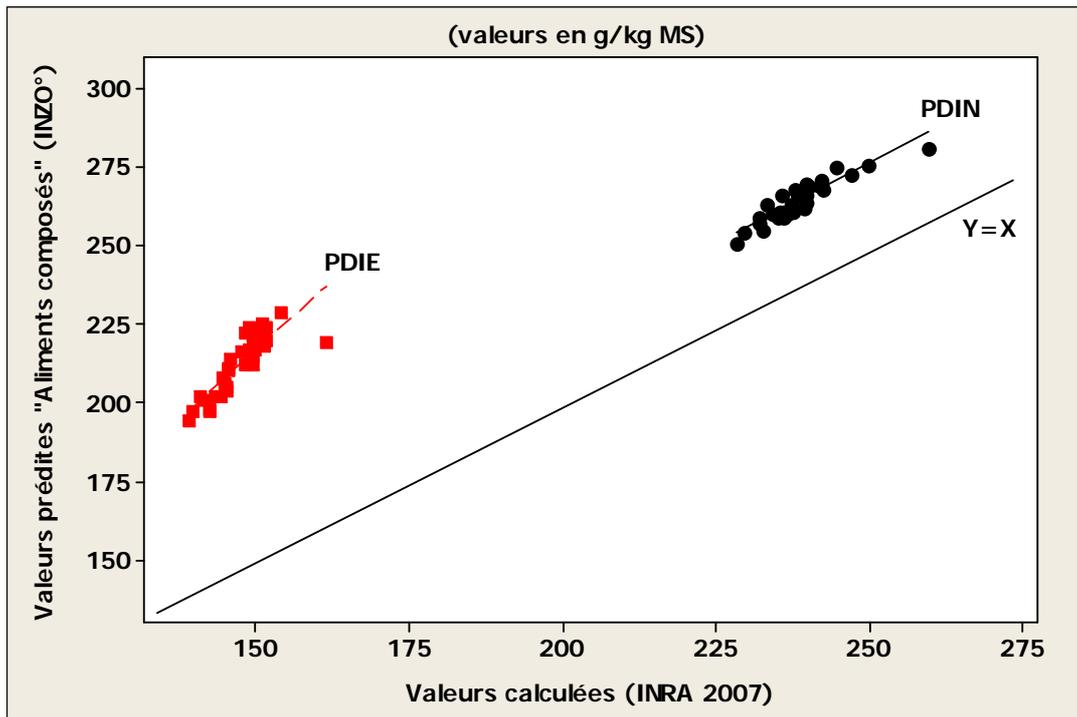
Il apparaît notamment que l'application de ces modèles "aliments composés" au tourteau de colza conduit à des valeurs UFL et UFV beaucoup plus faibles que les valeurs "Tables" (**Figure 20**) : en moyenne - 0.14 UFL et - 0.17 UFV par kg MS (mini-maxi respectivement 0.05-0.18 UFL et 0.07-0.23 UFV). Ce biais s'explique notamment par le poids important du critère lignine dans le modèle et la teneur élevée en ce constituant du tourteau de colza par rapport aux valeurs moyennes observées dans les aliments composés.

Figure 20 : Influence du type de modèles de prédiction sur les valeurs énergétiques du tourteau de colza



A l'inverse, les modèles "aliments composés" aboutissent à des valeurs PDIN et PDIE beaucoup plus élevées que les valeurs "Tables" (**Figure 21**) : + 26 g PDIN/kg MS (de + 21 à + 31) et + 65 g PDIE/kg MS (de + 55 à + 75). Cette différence d'estimation provient de la réactivité particulière des protéines du colza vis-à-vis de l'attaque enzymatique par la pronase dans la méthode DE1, comparativement aux autres matières premières constitutives des aliments composés.

Figure 21 : Influence du type de modèles de prédiction sur les valeurs azotées du tourteau de colza



2. Simulation de la valeur azotée de divers mélanges d'aliments composés

Une simulation a été faite afin d'illustrer les biais importants générés par l'utilisation de ces modèles "aliments composés" selon le niveau d'incorporation du tourteau de colza dans les aliments composés.

4 mélanges (M1, M2, M3 et M4) riches en protéines, pouvant être assimilés à des aliments complémentaires azotés pour Ruminants, ont été conçus "virtuellement" à partir de tourteau de colza (TCZ), tournesol (TTO), soja (TSJ) et soja tanné (TST), dans des proportions variables (Tableau 10).

Tableau 10 : Proportions des différents tourteaux dans les mélanges de la simulation

Mélange M1				Mélange M2			
TTO	TSJ	TST	TCZ	TTO	TSJ	TST	TCZ
60	30	10	0	40	50	10	0
54	27	9	10	36	45	9	10
42	21	7	30	28	35	7	30
30	15	5	50	20	25	5	50
18	9	3	70	12	15	3	70
6	3	1	90	4	5	1	90
0	0	0	100	0	0	0	100

Mélange M3			
TTO	TSJ	TST	TCZ
10	50	40	0
9	45	36	10
7	35	28	30
5	25	20	50
3	15	12	70
1	5	4	90
0	0	0	100

Mélange M4			
TTO	TSJ	TST	TCZ
10	20	70	0
9	18	63	10
7	14	49	30
5	10	35	50
3	6	21	70
1	2	7	90
0	0	0	100

Les proportions de TTO - TSJ - TST dans le noyau de base ont été de 60-30-10 % pour M1, 40-50-10 % pour M2, 10-50-40 % pour M3 et 10-20-70 % pour M4

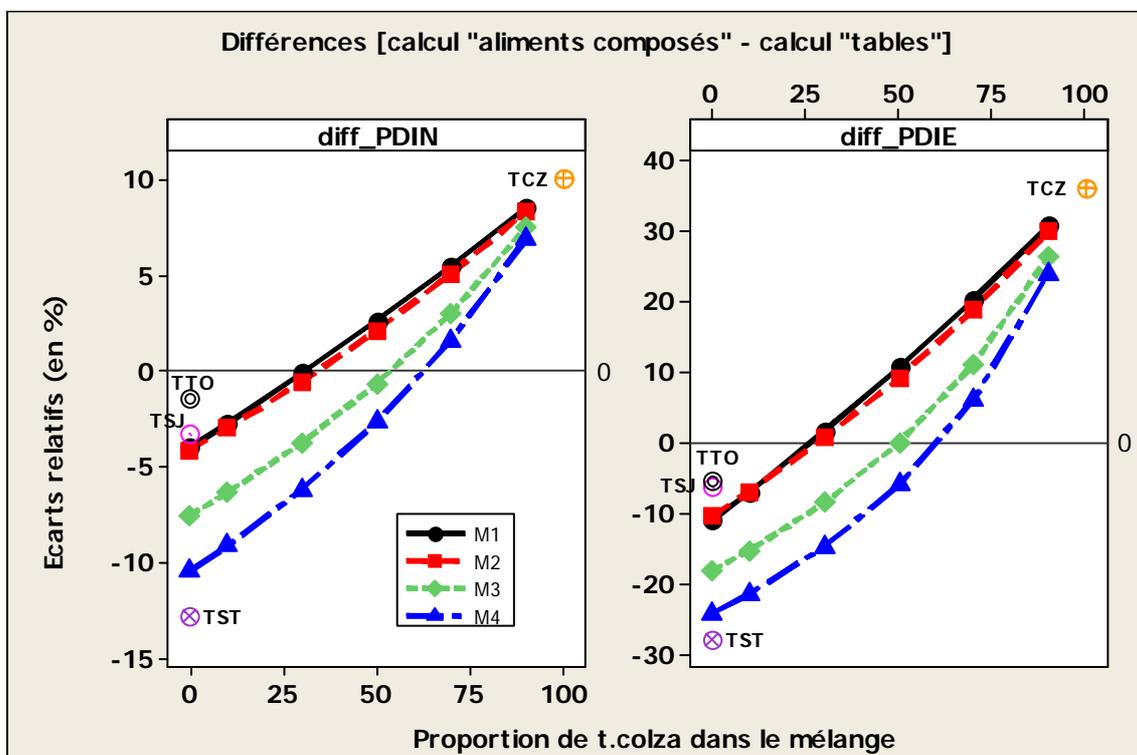
Pour chaque mélange, le noyau de base a été substitué par une proportion croissante de TC, allant de 0 à 100 %.

Les valeurs azotées de ces mélanges ont été calculées par additivité sur la base des valeurs MAT, MAT*DE1 et MAT*DT des 4 matières premières de base, issues des "Tables".

Selon la composition des mélanges, les teneurs en MAT ont été comprises entre 320 et 520 g/kg MS, tandis que les plages de variation des valeurs PDIN et PDIE ont été respectivement de 200-440 et 105-425 g/ kg MS

Ces valeurs ont été comparées aux valeurs prédites par les modèles "aliments composés" présentés ci-dessus. La **Figure 22** présente les différences relatives observées entre les deux approches pour chacune des 4 matières premières simples et selon la part de tourteau de colza incluse dans les 4 mélanges.

Figure 22 : Biais induis par la méthode de calcul des valeurs PDI des mélanges



Ces différences sont logiquement plus importantes pour les valeurs PDIE ($\pm 30\%$) que pour les valeurs PDIN ($\pm 10\%$). En effet, pour ces dernières, l'impact d'une sous-estimation de la dégradabilité de l'azote, induisant un flux estimé de protéines alimentaires plus élevé, est compensé par une production de protéines microbiennes plus faible (et inversement).

Lorsque la composition en ingrédients des aliments composés est assez équilibrée, les écarts entre les valeurs prédites sont assez faibles. En effet, les comportements particuliers de chacune des matières premières constitutives du mélange se compensent mutuellement.

A l'inverse, lorsque les mélanges comportent une part prépondérante d'une seule matière première, des biais apparaissent, soit dans un sens, soit dans l'autre. Ainsi, lorsque la part du TCZ augmente, le modèle "aliments composés" tend à surestimer les valeurs PDI des mélanges, comme il a été vu précédemment. A l'inverse, lorsque les proportions des tourteaux à forte dégradabilité (TCZ et TTO) baissent au profit de tourteaux dont les protéines sont plus protégées (TSJ et surtout TST), l'approche "aliments composés" a tendance à sous-estimer les valeurs azotées des mélanges.

Une approche similaire aurait pu être réalisée également à propos de la prédiction de la valeur énergétique.

VI. Conclusions

Cette étude, réalisée par le Comité National des Coproduits et le Contrôle Laitier de la Haute Marne sur 35 échantillons de tourteau de colza d'origines diverses, a permis de faire un état des lieux sur les caractéristiques de composition chimique et de valeurs alimentaires de cette matière première pour les ruminants.

La composition chimique moyenne du tourteau de colza est assez cohérente avec les valeurs proposées dans les tables récentes. La variabilité globale observée actuellement est plus faible par rapport aux enquêtes d'il y a 10 ans. Cependant, il apparaît une influence marquée du procédé d'obtention des tourteaux, à travers des différences entre usines statistiquement significatives, notamment sur la teneur en MAT et la qualité des protéines.

Une évaluation plus précise de la qualité des protéines du tourteau de colza nécessiterait la systématisation de la mesure de la dégradabilité enzymatique de l'azote (DE1) dans les enquêtes "Qualité du tourteau de colza" à venir organisée par l'Interprofession, ainsi que la confrontation de ce critère avec la solubilité de l'azote dans la soude, actuellement mesurée pour évaluer la dénaturation des glucosinolates pour les monogastriques.

Par ailleurs, le modèle de prédiction de la dégradabilité théorique de l'azote dans le rumen (DT) à partir de la DE1 mériterait d'être "revisité" pour intégrer les plages de variations actuelles de ce critère, compte tenu des évolutions technologiques récentes et des différences de procédés mis en œuvre d'une usine à l'autre.

Dans cet objectif, il serait judicieux de compléter cette étude par la mise en place d'un essai de mesures de la dégradabilité de l'azote en sachets de Nylon sur ces mêmes échantillons afin de réactualiser la relation $DT = f(DE1)$ pour le tourteau de colza.

Les valeurs énergétiques calculées selon la méthode factorielle sur cette population d'échantillons sont en moyenne légèrement plus faibles que celles proposées dans les Tables INRA récentes et ne montrent pas d'effet "usine" significatif sur la population d'échantillons analysés.

A l'inverse, les valeurs azotées, en moyenne assez voisines de celles des Tables, font ressortir une influence très nette de l'origine du tourteau, effet "usine" que les enquêtes "qualité" devraient pouvoir faire apparaître à l'avenir.

Cette étude a été également l'occasion de faire le point sur la validité des modèles de prédiction des valeurs nutritives des aliments pour ruminants. Ainsi, les modèles de prédiction élaborés pour des aliments composés ne peuvent pas être utilisés pour des matières premières simples, ou pour des mélanges constitués majoritairement d'une seule matière première, sans risquer des biais importants, notamment pour les valeurs azotées, sur le critère PDIE.

Le Comité National des Coproduits se rapprochera des organismes de recherches et de l'Interprofession des Oléagineux pour donner suite à cette étude.

VII. Liste des références bibliographiques

AFZ, 2010. *io* - La banque de données de l'alimentation animale. Association Française de Zootechnie, Paris.

AIRFAF Bretagne, 2010. Synthèse des résultats d'analyse des tourteaux de colza. Journée Technique Ferme des Trinottières. 12 mars 2010.

Alimentation des bovins, ovins et caprins. Tables INRA 2007. Editions Quae, Collection Guide Pratique, 303 pages.

Aufrère, J., Graviou, D., Demarquilly, C., Vérité, R., Michalet-Doreau, B., Chapoutot, P., 1989. Aliments concentrés pour ruminants : prévision de la valeur azotée PDI à partir d'une méthode enzymatique standardisée. INRA Prod. Anim., 2 (4), 249-254.

Baumont R., Dulphy J.P., Sauvant D., Meschy F., Aufrère J., Peyraud J.L., 2007. Chapitre 8. Valeur alimentaire des fourrages et des matières premières : tables et prévision. In Alimentation des bovins, ovins et caprins - Tables INRA 2007. Editions Quae, Collection Guides pratiques, p149-179.

Baumont R., Dulphy J.P., Sauvant D., Tran G., Meschy F., Aufrère J., Peyraud J.L., Champciaux P., 2007. Chapitre 9. Les tables de la valeur des aliments. In Alimentation des bovins, ovins et caprins - Tables INRA 2007. Editions Quae, Collection Guides pratiques, p 181-275.

Dauguet S., Peyronnet C., Loison JP. 2010. Enquête sur la qualité des tourteaux de colza. Synthèse 2009. Communication personnelle.

Giger-Reverdin S., Aufrère J., Sauvant D., Demarquilly C., Vermorel M., Pochet S., 1990. Prévision de la valeur énergétique des aliments composés pour les ruminants. INRA, Prod. Anim., 3(3), 181-188.

Peyronnet C., Pois, féveroles et tourteaux de colza. Des matières premières d'avenir pour l'alimentation animale. Conférences AGROPOL. SPACE Rennes 16-17/09/2010.
http://extranet.prolea.com/fileadmin/internet/fichiers/space2010/proteatxcz_alimanimale_CP.pdf

Quinsac, A., 2010. Valeur nutritionnelle des coproduits : Diversité, qualité et évolution de la valorisation des tourteaux d'oléagineux chez les monogastriques et les ruminants. Séminaire Valorisation animale, Arvalis Institut du Végétal – CETIOM. Coproduits de biocarburants français – Bien les connaître pour mieux les valoriser. Paris, 28/09/2010.

Sauvant D., Chapoutot P., Peyraud J.-L., Meschy F., Doreau B., 2004. Valeurs nutritives pour les ruminants. In Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : Porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons - Sauvant D., Perez J.-M., Tran G. coord., 2e édition revue et corrigée, 2004. INRA Editions Versailles, 304 p.

Sauvant D., Perez J.M., Tran G., (éds), 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : Porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. 2^{ème} édition, revue et corrigée. INRA - AFZ, Paris, 304 pages

Vermeesch, G., 2010. Etat des lieux de la production de coproduits de biocarburants : Capacités de production actuelle et évolutions prévisibles en France, dans l'UE et dans le monde - Filière oléagineuse. Séminaire Valorisation animale, Arvalis Institut du Végétal – CETIOM. Coproduits de biocarburants français – Bien les connaître pour mieux les valoriser. Paris, 28/09/2010

www.feedbase.com, consultation en octobre 2010.

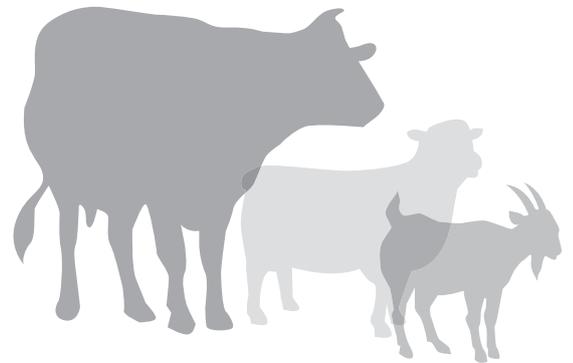
Enquête sur la valeur nutritive du tourteau de colza pour les ruminants - Enquête en exploitations laitières

L'objectif de cette étude, sollicitée par le Comité National des Coproduits (CNC) et cofinancée par la Chambre d'Agriculture et le Contrôle Laitier de la Haute-Marne (CL-52), est de faire un état des lieux de la variabilité de qualité des tourteaux de colza actuellement disponibles sur le terrain et de l'interpréter, notamment en termes de valeur azotée pour les ruminants.

35 échantillons ont été récoltés chez des éleveurs au printemps 2010. Des analyses ont permis de déterminer la composition chimique moyenne du tourteau de colza. Ainsi, la qualité des protéines et le modèle de prédiction de la dégradabilité théorique de l'azote dans le rumen (DT) à partir de la DE1 ont été évalués. Le Comité National des Coproduits se rapprochera des organismes de recherches et de l'Interprofession des Oléagineux pour donner suite à cette étude.



INSTITUT DE
L'ÉLEVAGE



Édité par :
l'Institut de l'Élevage
www.inst-elevage.asso.fr

Dépôt légal :
2^e trimestre 2011
© Tous droits réservés à l'Institut de l'Élevage
Avril 2011
Réf. 00 11 31 006
ISBN 978-2-36343-027-4
ISSN 1773-4738

EN COLLABORATION AVEC :



AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE :

