

VALEUR ENERGETIQUE ET DIGESTIBILITE ILEALE DES PROTEINES ET ACIDES AMINES DE QUATORZE MATIERES PREMIERES RICHES EN PROTEINES CHEZ LE POULET DE CHAIR

Danel Justine^a, Dusart Léonie^b, Recoules Emilie^c, Quinsac Alain^d, Tormo Elodie^e,
Vilariño Maria^a

^a ARVALIS - Institut du végétal, Pouline, 41100 Villerable, France

^b Institut Technique de l'Aviculture, Centre INRA Val-de-Loire, 37380 Nouzilly, France

^c UMR BOA, INRA, Université de Tours, Centre INRA Val de Loire, 37380 Nouzilly, France

^d Terres Inovia, 11 rue Monge, Parc industriel, 33600 Pessac, France

^e Terres Univia, 11 rue de Monceau, 75008 Paris, France

j.danel@arvalis.fr

RÉSUMÉ

L'amélioration de l'indépendance protéique et des seuils d'incorporation des matières premières nationales dans les aliments volailles pourrait passer par l'utilisation de Matières Premières Riches en Protéines (MPRP) adaptées (origine, variété, process). Dans le cadre du projet CASDAR VOCALIM : « Des systèmes de production de volailles multiperformants valorisant des matières premières locales », une étude a été menée afin de mesurer la valeur nutritionnelle chez le poulet de « nouvelles » MPRP ciblées. La valeur énergétique, inconnue pour certaines, ainsi que la digestibilité iléale des protéines et des acides aminés ont été mesurées pour avoir des valeurs de référence à intégrer dans les matrices de formulation. Les MPRP testées ont soit subi des procédés technologiques permettant une concentration en protéines, ou sont des MPRP peu ou pas connues : tourteau de tournesol (TT) Hipro, TT Hipro bluté (usine pilote ou industriel), TT pailleux bluté, TT stéarique, tourteau de colza (TC), TC bluté (usine pilote ou industriel), TC dépelliculé, TC expeller, tourteau de canola, tourteau de soja expeller, concentré protéique de pomme de terre, lupin décortiqué. Les MPRP ont été incorporées à des taux allant de 15 à 30 % dans un aliment dit complémentaire, également évalué seul, permettant le calcul par différence de la valeur nutritionnelle des différentes MPRP. Tous les aliments ont été bien consommés, et il ne semble pas y avoir eu d'impact négatif sur les performances des poulets. Les valeurs énergétiques mesurées vont de 1479 à 3910 kcal/kg MS. Les valeurs de digestibilité iléale de la protéine, de la somme des acides aminés et de la lysine varient quant à elles de 66,4 à 88,3 %, de 69,3 à 89,3 % et de 70,7 à 90,9 %, respectivement. Les tourteaux ayant subi des procédés technologiques sont mieux valorisés par les animaux que les tourteaux classiques, aussi bien du point de vue de l'énergie que des protéines. Certaines MPRP pourraient également être intéressantes à condition qu'elles soient plus disponibles.

ABSTRACT

Energetic value and ileal digestibility of proteins and amino acids for fourteen protein-rich raw materials in chickens.

Improving protein independence and incorporation rate for raw materials in poultry diets could be done through the use of protein-rich raw material (MPRP), which would be well-adapted concerning origin, variety or process. In the CASDAR VOCALIM project: "System of multi-efficient poultry production to promote local raw materials", a study was designed to measure the nutritional value of "new" raw materials in chickens. Hence, the energetic value, unknown for some, and the ileal digestibility of proteins and amino acids were measured in order to get reference values to include in matrix formulation. The tested MPRP were either submitted to technological process to concentrate protein, or were (not) well-known: HiPro sunflower meal (TT), sieved HiPro TT (pilot plant or industrial), non-dehulled TT, stearic TT, rapeseed meal (TC), sieved TC (pilot plant or industrial), dehulled TC, expeller TC, canola meal, expeller soybean meal, concentrated potatoe proteins, dehulled lupin. The MPRP were incorporated from 15 to 30% into the complementary diet, tested independently, which made it possible to use a calculation method by difference to define the MPRP nutritional value. All the diets were well eaten by chickens and the MPRP did not seem to have a negative impact on chickens' performances. The measured energetic values ranged from 1479 to 3910 kcal/kg DM. The ileal digestibility values of proteins, sum of amino acids and lysine varied from 66.4 to 88.3%, 69.3 to 89.3% and 70.7 to 90.9%, respectively. The meals which had been processed were better valued than the original ones, both in terms of energy and protein. Some of those MPRP could be interesting if were more available.

INTRODUCTION

Le projet CASDAR VOCALIM : « Des systèmes de production de volailles multiperformants valorisant des matières premières locales » a pour ambition de promouvoir des systèmes d'élevage avicoles durables, autonomes en Matières Premières Riches en Protéines (MPRP). L'augmentation des seuils d'incorporation des matières premières nationales pourrait notamment passer par l'utilisation de MPRP adaptées, mais aussi par des critères de formulation permettant une utilisation judicieuse d'associations de matières premières, avec une bonne valorisation des nutriments.

Différentes mesures ont été faites afin d'apporter de nouvelles informations sur des MPRP, soit mal connues, soit issues de procédés technologiques ayant pour but d'augmenter la teneur en protéines et d'optimiser l'utilisation des nutriments par l'animal.

Le protocole utilisé pour les essais poulets a été évalué favorablement par le Comité d'Ethique n°19 et autorisé par le MESR conformément à la Directive 2010/63/UE relative à l'utilisation d'animaux à des fins scientifiques.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Matières premières et Aliments

Les Quatorze MPRP qui ont été évaluées en deux essais sont listées ci-après, pour les tourteaux de tournesol (TT) : TT Hipro (TTHP), TTHP bluté en unité pilote (TTHPbp) ou industriel (TTHPbi), TT pailleux bluté en unité pilote (TTb) et TTHP stéarique (TTHPs) ; pour les tourteaux de colza (TC) : TC bluté unité pilote (TCbp) ou industriel (TCbi), TC dépelliculé (TCdp), TC expeller (TCe) et tourteau de canola (TCa) ; pour les autres MPRP : tourteau de soja expeller (TSe), lupin décortiqué (LUPd), concentré protéique de pomme de terre (CPPT).

Les tourteaux qui ont été blutés dans l'unité pilote de l'ENSMIC (en partenariat avec Terres Inovia) proviennent des lots TTHP et TC, également testés (Quinsac *et al.*, 2019).

Les aliments expérimentaux étaient constitués du complémentaire (61,44 % maïs, 19,62 % tourteau de soja, 10 % blé et 3,87 % d'huile de soja), de la MPRP à tester incorporée à un taux de 25 ou 30 % (sauf le CPPT, à 15 %) et de l'aliment minéral et vitaminé. Du dioxyde de titane (TiO₂) a été introduit au taux de 0,50 % dans les aliments en tant que marqueur indigestible. Les aliments étaient présentés en granulés et ne contenaient pas d'additif anticoccidien et d'enzymes.

1.2. Mesures sur animaux et analyses

Les poulets mâles de souche ROSS PM3 ont reçu jusqu'à J14 un aliment démarrage (protéines =

22,0 %, énergie métabolisable apparente à bilan azoté nul : EMAn = 2850 kcal/kg) avant qu'une mise en lots en fonction du poids corporel n'ait été effectuée.

Les performances de croissance des poulets (consommation, gain de poids et indice de consommation) ont été suivies de J14 à J25, afin de s'assurer que les MPRP n'avaient pas d'effet négatif sur l'ingestion et la croissance.

Les bilans digestifs sur les poulets ont été effectués de J22 à J24, les collectes de contenus iléaux ont été réalisées à J25. La méthode de bilan digestif utilisée est celle avec marqueur (8 à 9 répétitions d'un animal par traitement), sans mise à jeun et avec collecte partielle des excréta (Métayer *et al.*, 2013).

Pour chaque aliment, et par calcul pour chaque MPRP, ont été mesurés les coefficients d'utilisation digestive (CUD) apparent au niveau fécal (CUDa.f) de l'énergie et de la protéine en individuel, ainsi que les CUD apparents au niveau iléal (CUDa.i) de la protéine en individuel et des acides aminés sur des pools (de 2 à 4 poulets). Ainsi, les valeurs d'EMAn ainsi que celles des différents nutriments digestibles ont été calculées pour chaque MPRP.

1.3. Méthodes d'analyses

Les analyses sur les matières premières ont été réalisées selon les méthodes suivantes : matières minérales (MM : Norme NF V18-101), cellulose brute (CB : Norme NF EN ISO 6865), fibres Van Soest (Méthode Van Soest, Norme NF V18-122), matières grasses avec hydrolyse (MGH : méthode Randall, Norme NF EN ISO 11085), parois végétales insolubles dans l'eau (Norme NF V18-111), sucres (Méthode Luff-Schoorl, règlement CEE 152/2009 modifié par 691/2013), énergie brute (calorimétrie (mode dynamique 25 °C), NF EN ISO 9831), matières azotées totales (MAT : N*6,25 - méthode Dumas, NF EN ISO 16634-1), acides aminés (NF EN ISO 13903). La composition des excréta (azote, azote protéique et EB) a été obtenue à l'aide d'équations de prédiction dans le proche infrarouge (SPIR) et après validation par les méthodes de référence ci-dessus. La méthode de Terpstra et Hart (1974) a été utilisée pour mesurer l'azote protéique des excréta. Les teneurs en TiO₂ ont été mesurées sur les aliments et les excréta selon la méthode décrite par Short *et al.* (1996).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les consommations des aliments contenant les différentes MPRP testées ont été correctes et les gains de poids au cours de l'essai satisfaisants. Ces observations confirment que les aliments contenant ces MPRP ont été bien acceptés par les animaux.

Les caractéristiques chimiques des MPRP testées dans cet essai figurent dans le tableau 1. Dans le tableau 2, sont présentés les coefficients de

digestibilité et les teneurs en composants digestibles, de l'énergie et de la protéine (au niveau fécal) et de la protéine et des principaux acides aminés (au niveau iléal), mesurés chez le poulet.

2.1. Composition des MPRP

Les MPRP testées ont des profils très différents. Elles ont été regroupées par espèce végétale : TT, TC ou autres. Leur teneur en MAT varie de 31,2 à 85,0 % MS, leur teneur en parois de 2,0 à 43,9 % MS alors que leur teneur en MGH de 1,9 à 15,7 % MS (tableau 1).

2.2. Valorisation des tourteaux de tournesol

Trois des cinq TT testés ont une valeur d'EMAn supérieure à 1820 kcal/kg MS. Le TT le mieux valorisé sur le plan énergétique est le TTHPbi, c'est celui avec la teneur en MAT la plus élevée et en parois la plus faible. Les TTHPbp et TTHPs ont des valeurs d'EMAn intermédiaires, cependant supérieures d'environ 350 kcal/kg MS en moyenne aux TTHP et TTb.

Le blutage du lot de TTHP dans l'unité pilote a permis d'augmenter sa valeur énergétique de 425 kcal/kg MS. Bien que les lots n'aient pas la même origine, il semblerait que le blutage (unité pilote) d'un TTb (non décortiqué) permette d'atteindre la même valeur énergétique que le décortilage « poussé » des TTHP (1514 vs. 1479 kcal/kg MS respectivement), avec de plus une teneur en MAT plus élevée (+ 6 points). Il faut tout de même noter que le rendement entre la quantité de TT bluté (pilote) et la fraction d'intérêt enrichie en protéines était faible, pour la teneur en protéines obtenue. De plus, le point de vue économique n'a pas été étudié.

Le blutage des TTHP permet non seulement d'augmenter encore la teneur en protéines mais également d'abaisser celle des fibres. En étudiant les corrélations entre les différentes variables pour l'ensemble des TT évalués, des relations négatives fortes et significatives sont mises en évidence entre la teneur en fibres (CB ou parois) et l'EMAn. La teneur en parois semble un bon prédicteur avec un coefficient de corrélation de -0,9 ($P < 0,05$).

Les différences entre valeurs de CUDa N au niveau iléal et fécal ne sont pas équivalentes selon les TT. Les TTHPbi et TTHPs sont similaires au niveau fécal (- 0,9 point) alors que le N du TTHPs semble mieux valorisé au niveau iléal (+ 4,3 points). Le TTHPs est surtout remarquable quant à ses coefficients de digestibilité des AA, ce qui permet d'être comparable au TTHPbi quant aux teneurs en AA digestibles, malgré une différence de 5,2 points de MAT. Ainsi, du point de vue des teneurs en principaux AA digestibles, les deux TTHP blutés et le TTHPs sont équivalents.

Une corrélation négative et significative est mise en évidence entre le CUDa.i N et l'EB ainsi que le NDF ($R = -0,9$; $P < 0,05$).

2.3. Valorisation des tourteaux de colza et canola

Trois des six TC testés ont une EMAn supérieure à 2000 kcal/kg MS. Le TCe est le mieux valorisé, à +240 kcal/kg MS que le TCdp et +350 kcal/kg MS que le TCbp. Le TCbi est intermédiaire (- 170 kcal/kg MS que TCbp) mais tout de même supérieur de 370 kcal/kg MS au TC. La valeur du TCa est similaire à celle TC.

Dans le cas du TC, les effets des différents procédés sont proches de ceux observés pour le TT, tout du moins sur l'abaissement des teneurs en fibres et l'amélioration de la valeur énergétique, même si l'augmentation de la MAT est moins importante. Le dépelliculage et le blutage industriel augmentent l'EMAn de 725 et 372 kcal/kg MS, respectivement par rapport au TC. Il faut néanmoins noter que la valeur du TC est plus faible que celle des références (FeedTables, 2017 : 1610 kcal/kg MS).

Pour les TC, il existe une relation forte et négative entre l'EMAn et les différents critères de fibres (NDF et parois notamment ; ($R = -0,9$; $P < 0,05$)).

De plus, la MAT du TCdp est mieux valorisée que les autres, d'autant plus au niveau iléal (CUDa.i entre + 10 et + 16 points). Ainsi, les teneurs en acides aminés digestibles sont plus élevées pour le TCdp (pour la lysine : 2,5 % MS, soit + 0,8 point en moyenne). Le TCe est intermédiaire quant à la valorisation des protéines, et de par sa composition, a des teneurs en AA digestibles plus faibles. Par contre, les valeurs de CUDa N du TCa sont bien inférieures au niveau fécal comme iléal se rapprochant du TC. Le blutage (pilote ou industriel) a permis d'améliorer aussi bien la valorisation de l'énergie et des protéines du TC en diminuant la teneur en fibres.

En mettant de côté le TCe, une relation forte et positive est mise en évidence entre le CUDa.i N et l'EMAn ($R = 0,9$; $P < 0,05$). Ainsi les TC les mieux valorisés sur le plan de l'énergie le sont aussi sur celui de la MAT.

2.4. Valorisation des autres MPRP

Concernant les autres MPRP testées, l'EMAn du TSe est supérieure de + 400 kcal/kg MS par rapport au TS classique (Feedtables, 2017). Le décortilage du lupin semble également permettre une augmentation de la valeur énergétique (+ 400 kcal/kg MS par rapport à la valeur de référence, FeedTables, 2017). Par contre, le CPPT a une valeur très élevée, supérieure au TSe (+ 500 kcal/kg MS).

Au niveau fécal, le LUPd a une valeur de CUDa.f N de 94 %, soit +7 points par rapport au TSe et au CPPT. Cet écart est réduit à +1 et +5 points au niveau iléal.

Pour la digestibilité de la lysine par exemple, seuls le LUPd et le CPPT ont une valeur supérieure à 90 %. Sur la teneur en lysine digestible, le CPPT se démarque toujours, avec une valeur de 5,8 % MS.

Le TSe a une valeur légèrement sous la référence TS (à noter la différence entre digestibilité apparente ici et standardisée dans les Tables).

CONCLUSION

Les MPRP testées se démarquent, aussi bien par des valeurs d'utilisation digestive améliorée par rapport aux MP d'origine que par des valeurs se rapprochant de la référence tourteau de soja. Il apparaît que les traitements technologiques supplémentaires appliquées aux tourteaux de tournesol et de colza ont été bénéfiques et permettent de mieux valoriser l'énergie tout comme la protéine et les acides aminés de ces matières premières. D'autres MPRP semblent intéressantes, même si les freins à leur utilisation doivent être étudiés (disponibilité, prix, priorisation des filières,...).

Dans l'objectif de mettre en évidence des MPRP pouvant remplacer le TS, source de protéines privilégiée dans l'alimentation des volailles, au moins en partie, afin de répondre notamment à des

cahiers des charges (MP locales, non OGM,...), il semble que des candidats intéressants aient été identifiés. Il pourrait être judicieux également de combiner certaines MPRP afin d'associer leur caractère complémentaire, notamment quant aux teneurs en acides aminés digestibles.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Compte d'Affectation Spécial « Développement Agricole et Rural » du Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire ainsi que le CIPC pour leur participation financière au projet VOCALIM. Les auteurs remercient également les participants au comité de pilotage et les fournisseurs de matières premières (ENILIA-ENSMIC, Terres Inovia, OLEAD, SAIPOL, CCPA, AXEREAL, Néovia, CCPA, ROQUETTE, Valorex) ainsi que AJINOMOTO Eurolysine S.A.S. pour la réalisation des analyses d'acides aminés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- INRA CIRAD AFZ © 2017. Tables INRA-CIRAD-AFZ d'alimentation des animaux. <https://feedtables.com>.
 Métayer J.P., Lescoat P., Bastianelli D., Bouvarel I., Fournis Y., Vilariño M., 2013. 10èmes Journ. Rech. Avicoles et Palmipèdes à Foie Gras, La Rochelle, 26-28 mars, 767-771.
 Quinsac A., Dauguet S., Peyronnet C., Krouti M., Gendron A., Carré P., Brionnet F., 2019. 13èmes Journ. Rech. Avicoles et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 20-21 mars.
 Short F.J., Gorton P., Wiseman J., Boorman K.N., 1996. Anim. Feed Sci. Tech., 59, 215-221.

Tableau 1 : Composition chimique mesurée des matières premières testées (% MS ou kcal/kg MS)

Composition, % MS ou kcal/kg MS	Tourteaux de tournesol					Tourteaux de colza						TSe LUPd CPPT		
	TTHP	TTHP bp	TTHP bi	TTb	TTHPs	TC	TCbp	TCbi	TCdp	TCe	TCa			
MS, %	89,2	89,4	91,5	89,3	90,8	88,3	88,9	88,7	93,8	91,5	87,8	96,6	89,8	92,7
MM	7,3	8,6	8,5	8,0	9,1	7,2	7,2	8,1	7,6	6,5	7,6	6,3	4,0	2,6
CB	21,0	10,5	10,2	14,2	11,7	14,7	7,9	10,9	8,8	12,9	13,7	4,3	3,5	0,0
NDF	32,2	19,2	21,4	26,0	18,9	32,1	17,9	25,5	18,4	26,5	28,8	12,3	8,2	1,5
ADF	22,9	12,4	12,2	16,3	11,6	20,0	10,4	15,0	11,1	19,6	19,3	5,3	3,9	0,4
ADL	6,2	2,8	6,3	4,4	2,3	8,4	2,9	6,8	3,6	10,0	9,6	0,4	0,4	0,3
Parois	43,9	30,6	25,5	31,7	26,6	39,5	25,8	29,8	28,5	33,7	36,4	15,2	29,0	2,0
Sucres	5,9	7,0	7,2	5,4	9,3	8,9	10,5	10,5	13,4	9,5	7,7	15,5	10,1	0,3
MGh	1,9	2,2	2,2	3,6	3,0	4,1	5,2	2,9	4,0	15,7	2,8	13,0	13,0	4,2
EB	4623	4603	4669	4712	4583	4774	4788	4700	4717	5302	4698	5249	5240	5754
MAT	38,3	47,3	49,6	44,3	44,4	37,4	44,7	43,2	43,6	31,2	42,3	48,4	44,3	85,0
Σ AA*	34,6	43,6	45,2	40,5	40,5	33,4	40,6	39,1	40,5	28,9	38,0	46,6	41,1	87,5
Lys tot	1,50	1,90	1,86	1,60	1,90	2,10	2,40	2,45	2,80	2,01	2,36	2,78	2,09	6,45
Met + Cys tot	1,40	1,80	1,92	1,70	1,70	1,60	1,90	1,88	2,10	1,38	1,78	1,30	0,93	3,15
Thr tot	1,40	1,80	1,83	1,60	1,70	1,70	1,90	1,87	1,90	1,41	1,81	1,88	1,60	4,83
Trp tot	0,50	0,60	0,65	0,60	0,60	0,50	0,60	0,56	0,60	0,40	0,56	0,63	0,33	1,23

TT : Tourteaux de Tournesol ; TTHP : TT Hipro ; TTHPbp : TTHP bluté en unité pilote TTHPbi : TTHP bluté industriel, TTb : TT pailleux bluté en unité pilote et TTHPs : TTHP stéarique ; TC : Tourteaux de Colza ; TCbp : TC bluté unité pilote ; TCbi : TC bluté industriel ; TCdp : TC dépelliculé, TCe : TC expeller ; TCa : Tourteau de Canola ; TSe : tourteau de soja expeller ; LUPd : lupin décortiqué, CPPT : concentré protéique de pomme de terre.

MS : Matière Sèche ; MM : Matière Minérale ; CB : Cellulose Brute ; NDF : Fibres solubles dans le détergent neutre ; ADF : Fibres solubles dans le détergent acide ; ADL : Lignine ; MGh : Matière Grasse (analyse avec hydrolyse) ; Parois : Parois végétales insolubles dans l'eau ; EB : Energie Brute ; MAT : Matières Azotées Totales ; Σ AA : somme des acides aminés ; Lys tot : Lysine totale ; Met+Cys tot : Méthionine + Cystéine totale ; Thr tot : Thréonine totale ; Trp tot : Tryptophane total.

Les origines des MPRP :

Pour les tourteaux de tournesol : ils proviennent de graines françaises et transformées en France, excepté le TTHP bluté de façon industrielle, originaire d'Europe de l'Est.

Pour les tourteaux de colza : les graines sont d'origine France et les décorticages ou blutages ont été faits en France. Le tourteau de canola vient du Canada.

Le concentré protéique de pomme de terre, le lupin décortiqué et le tourteau de soja expeller proviennent de matières premières françaises transformées en France.

Tableau 2 : Valeurs de digestibilité et teneurs en composants digestibles au niveau fécal et iléal des différentes MP testées - moyenne et *écart-type*

Digestibilité et teneur en composants digestibles		Tourteaux de tournesol					Tourteaux de colza						TSe LUPd CPPT		
		TTHP	TTHP bp	TTHP bi	TTb	TTHPs	TC	TCbp	TCbi	TCdp	TCe	TCa			
Digestibilité fécale	EMAn/EB	32,0	41,4	43,0	32,1	39,8	31,2	43,7	39,6	47,0	46,3	33,3	57,2	52,8	61,5
	%	3,9	2,8	6,8	3,6	2,2	5,1	4,0	5,8	4,3	4,8	5,6	5,4	3,5	6,3
	CUDa N	83,3	84,2	85,9	81,6	85,0	71,6	82,6	78,7	85,4	74,1	75,7	87,0	94,0	87,1
	%	4,4	2,0	4,3	2,0	1,4	2,7	2,9	3,0	2,4	3,7	2,4	2,3	1,2	2,4
	EMA	1784	2301	2362	1868	2173	1779	2481	2154	2606	2712	1859	3353	3076	4068
	kcal/kg MS	200	136	344	177	119	260	209	302	217	278	278	311	196	405
Digestibilité iléale	EMAn	1479	1904	2007	1514	1824	1490	2092	1862	2215	2457	1565	3001	2767	3538
	kcal/kg MS	179	129	316	171	102	244	192	270	203	255	262	281	182	365
	CUDa N	82,5	83,7	83,1	79,2	87,4	67,4	70,6	73,7	83,9	73,6	69,6	83,3	88,3	87,3
	% - individuel	4,9	4,9	5,8	4,7	4,4	5,4	7,3	6,0	2,4	7,2	1,1	3,7	4,2	3,6
	CUDa ΣAA	82,1	82,7	84,0	80,8	86,6	69,9	69,3	75,6	85,2	82,3	75,6	83,8	89,3	88,1
	% - pool	6,7	5,9	5,9	4,1	4,9	5,8	7,7	7,4	2,6		0,7	3,0	5,8	1,1
Digestibilité iléale	CUDa Lys	83,8	86,0	83,8	79,4	90,3	70,7	72,7	76,2	88,9	83,1	73,4	83,0	90,9	90,2
	% - pool	7,7	7,1	7,4	6,0	6,9	6,0	4,9	5,4	2,1		1,7	2,4	4,8	0,8
	CUDa Thr	75,8	78,4	77,3	74,7	82,6	62,6	65,3	67,9	80,0	71,3	66,1	78,5	84,1	84,8
	% - pool	8,9	5,7	7,2	5,4	4,9	7,0	7,1	8,4	2,6		1,5	3,4	8,8	1,3
	CUDa Met+Cys	80,3	83,6	76,3	81,0	87,4	73,3	73,3	78,1	88,1	83,0	76,2	76,3	79,9	82,6
	% - pool	7,2	6,1	8,5	3,9	4,3	5,5	7,4	5,6	1,9		0,2	5,0	13,4	2,6
	CUDa Trp	78,7	80,1	76,7	74,7	82,4	60,9	65,7	70,7	81,0	76,7	72,0	79,7	76,2	78,5
	% - pool	7,7	9,1	6,6	6,3	6,9	8,6	8,3	9,4	2,4		1,4	4,0	12,3	1,8
	MAD	31,6	39,6	41,2	35,1	38,8	25,2	31,6	31,8	36,6	23,0	29,4	40,3	39,1	74,2
	somme AA dig *	28,4	36,0	38,0	32,7	35,1	23,4	28,1	29,6	34,5	23,7	28,7	39,0	36,7	77,1
	Lys dig	1,26	1,61	1,56	1,29	1,69	1,46	1,75	1,87	2,48	1,67	1,73	2,30	1,90	5,82
	Met+Cys dig	1,15	1,51	1,46	1,34	1,45	1,16	1,41	1,47	1,84	1,14	1,36	0,99	0,74	2,61
	Thr dig	1,08	1,39	1,41	1,21	1,38	1,04	1,27	1,27	1,48	1,01	1,20	1,47	1,34	4,10
	Trp dig	0,40	0,50	0,50	0,45	0,53	0,31	0,41	0,39	0,49	0,31	0,40	0,50	0,25	0,96

TT : Tourteaux de Tournesol ; TTHP : TT Hipro ; TTHPbp : TTHP bluté en unité pilote TTHPbi : TTHP bluté industriel, TTb : TT pailleux bluté en unité pilote et TTHPs : TTHP stéarique ; TC : Tourteaux de Colza ; TCbp : TC bluté unité pilote ; TCbi : TC bluté industriel ; TCdp : TC dépelliculé, TCe : TC expeller ; TCa : Tourteau de Canola ; TSe : tourteau de soja expeller ; LUPd : lupin décortiqué, CPPT : concentré protéique de pomme de terre.

MS : Matière Sèche ; EMAn : Energie Métabolisable à bilan azoté nul ; EB : Energie Brute ; CUDa : Coefficient d'Utilisation Digestive apparent ; N : azote ; ΣAA : somme des acides aminés ; Lys : Lysine ; Met+Cys : Méthionine + Cystéine ; Thr : Thréonine ; Trp : Tryptophane ; MAD : Matières Azotées Digestibles ; dig : digestible