

VALEUR NUTRITIONNELLE DE DIFFÉRENTS TOURTEAUX DE SOJA EXPELLER FRANÇAIS CHEZ LE POULET DE CHAIR

Danel Justine¹, Tormo Elodie³, Traineau Maxime¹, Quinsac Alain², Peyronnet Corinne³,
Vilariño Maria¹

¹ARVALIS - Institut du végétal - 2, Pouline, 41100 VILLERABLE

²Terres Inovia - 11 rue Monge, Parc industriel, 33600 PESSAC

³Terres Univia - 11 rue de Monceau, 75008 PARIS

j.danel@arvalis.fr

RÉSUMÉ

Le tourteau de soja (TS) constitue la principale source de protéines concentrées en alimentation du bétail, en particulier pour la filière volaille. Cependant, une grande majorité du TS est importée, à un prix élevé pour ceux tracés non OGM, alors qu'ils pourraient être en partie substitués par des tourteaux issus de graines de soja produites en France. Des unités de trituration de faible à moyenne capacité produisent des TS partiellement déshuilés après décorticage et cuisson-pression des graines, appelés « expeller » (TSe) tandis que de plus grosses unités produisent des TS déshuilés (TSd) par extraction à l'hexane. Afin de proposer des valeurs de référence sur les qualités nutritionnelles de ces tourteaux, une étude a été réalisée sur cinq lots de TS produits en France par différentes unités de trituration : quatre TSe et un TSd en tant que témoin. Des mesures de digestibilité ont été réalisées chez le poulet de chair au niveau fécal (énergie et protéine) et au niveau iléal (protéine et acides aminés, AA). Pour les TSe, les teneurs (en % de matière sèche, MS) varient pour la protéine de 46,3 à 50,7% MS, pour la teneur en matière grasse (MG après hydrolyse) de 9,3 à 14,2% MS. Les valeurs énergétiques (Energie Métabolisable Apparente à bilan azoté nul, ou EMAN) mesurées vont de 2 627 à 2 924 kcal/kg MS. La digestibilité des protéines des TSe varie au niveau fécal de 84,8 à 85,9 % et au niveau iléal de 81,9 à 85,1 %. Les teneurs en AA digestibles mesurées au niveau iléal s'échelonnent pour la lysine de 2,37 à 2,51 % MS. Le TSd testé comme référence est valorisé de façon similaire aux TS48 des tables toutes origines confondues sur le plan des AA. Les résultats obtenus dans cet essai montrent que les TSe métropolitains évalués sont des sources de protéines intéressantes, avec des niveaux de digestibilité satisfaisants (protéines et AA) et des EMAN élevées pour certaines origines.

ABSTRACT

Nutritional value of different french soybean meals for chickens

The soybean meal (SBM) is the main source of concentrated protein in animal feed, in particular for the poultry industry. However, a large majority of SBM is imported, at a high price for those traced non-GMOs, when they could be partially substituted by oilcake from soybeans produced in France. Small to medium capacity crushing units produce partially deoiled SBM after dehulling and pressure cooking of the seeds, called "expeller" (SBMe) while larger units produce deoiled SBM (SBMd) by hexane extraction. A study was carried out in order to provide reference values and assess the nutritional qualities of the different batches available to feed manufacturers on the market, five batches of SBM produced in France by different crushing units were tested: four SBMe and one SBMd in as a witness. Digestibility measurements were carried out in broilers at the faecal level (energy, protein) and at the ileal level (protein, amino acids (AA)). For SBMe, the contents (in % of dry matter (DM)) vary for the protein from 46.3 to 50.7% DM, for the fat content (after hydrolysis) from 9.3 to 14.2% DM. The energy values (Apparent Metabolizable Energy at zero nitrogen balance, or AMEN) measured range from 2 627 to 2 924 kcal/kg DM. The digestibility of SBMe proteins varies at the faecal level from 84.8 to 85.9% and at the ileal level from 81.9 to 85.1%. The digestible AA contents measured at the ileal level range for lysine from 2.37 to 2.51% DM. The SBMd tested as a reference is valued in a similar way to the SBM48 of the tables of all origins in terms of AAs. The results obtained in this test show that the metropolitan SBMe evaluated are interesting protein sources, with satisfactory levels of digestibility (proteins and AA) and high AMEN for some of them.

INTRODUCTION

En alimentation animale, le tourteau de soja (TS) constitue la première source de protéines concentrées, en particulier pour la filière volaille. En France, plus de 3,5 Mt de TS sont consommés par an, dont 450 000 t non OGM pour des filières sous cahier des charges. Cependant, une grande majorité est importée, à un prix élevé pour ceux tracés non OGM, alors qu'ils pourraient être substitués par des tourteaux issus de graines de soja produites sur le territoire national. En France, la filière soja se redéveloppe progressivement depuis 2014. Des unités de trituration de faible à moyenne capacité produisent des TS partiellement déshuilés après décorticage et cuisson-pression des graines, appelés « expeller » (TSe) tandis que de plus grosses unités produisent des TS déshuilés (TSd) par extraction à l'hexane. Les TSe ont une teneur en protéines légèrement plus faible mais sont plus riches en énergie.

Afin de produire des valeurs de référence et connaître la diversité de valeurs nutritionnelles des différents lots disponibles pour les fabricants d'aliments du bétail, une étude a été menée dans le cadre du partenariat FeedOP entre Terres Inovia, Terres Univia, ARVALIS - Institut du végétal et Intercéréales. Des mesures de digestibilité chez le poulet de chair ont été réalisées sur cinq lots de TS produits en France de différentes provenances.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Matières premières et Aliments

Les cinq TS évalués viennent d'usines de trituration différentes et sont identifiés : TSe1 à TSe4 pour les 4 TSe et TSd pour le TS déshuilé servant de témoin.

Les aliments expérimentaux étaient constitués de 69,86 % de complémentaire (56,2 % maïs, 22,1 % TS, 18,6 % blé et 3,1 % huile de soja), du TS à tester, incorporé à un taux de 25 % et de l'aliment minéral et vitaminé (5,14 %). Du dioxyde de titane (TiO_2) a été introduit au taux de 0,50 % dans les aliments en tant que marqueur indigestible. Le complémentaire seul a été évalué afin de calculer par différence les valeurs de TS. Les aliments étaient présentés en granulés et ne contenaient pas d'additif anticoccidien ou 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 = 2730 kcal/kg). À J14, une mise en lot en fonction du poids corporel a été effectuée et les aliments expérimentaux distribués.

Les performances de croissance des poulets (consommation, gain de poids et indice de consommation) ont été suivies de J14 à J28, afin de s'assurer que les TS n'avaient pas d'effet négatif sur l'ingestion et la croissance. Les poulets ont été hébergés en cage pendant l'essai. Ils l'étaient par

groupe de trois de J14 à J21 puis en individuel, pour le bilan.

Des mesures de digestibilité ont été réalisées chez le poulet de chair au niveau fécal (énergie, protéine) et au niveau iléal (protéine, acides aminés (AA)).

Les bilans digestifs au niveau fécal sur les poulets ont été effectués de J22 à J25. La méthode de bilan digestif utilisée est celle avec marqueur (12 répétitions d'un animal par traitement), sans mise à jeun et avec collecte partielle des excréta (Métayer *et al.*, 2013). Les collectes de contenus iléaux ont été réalisées à J28. L'iléon est sectionné, et le contenu de la seconde moitié est récupéré par « flushing » puis congelé et lyophilisé. Un pool de contenus par traitement est constitué pour l'analyse des AA.

Pour chaque aliment, ont été mesurés les coefficients d'utilisation digestive apparent au niveau fécal (CUDa.f) de l'énergie et de la protéine en individuel, ainsi que les CUDa au niveau iléal (CUDa.i) de la protéine et des AA sur les pools. Les CUDa ainsi que les teneurs en nutriments digestibles et les EMAn ont ensuite été calculés pour chaque TS.

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

1.3. Méthodes d'analyses chimiques et statistiques

Les analyses sur les tourteaux ont été réalisées selon les méthodes suivantes : matières minérales (Norme NF V18-101), cellulose brute (Norme NF EN ISO 6865), fibres Van Soest (Méthode Van Soest, Norme NF V18-122), parois végétales insolubles dans l'eau (Norme NF V18-111), matières grasses avec hydrolyse (méthode Randall, Norme NF EN ISO 11085), sucres (Méthode Luff-Schoorl, règlement CEE 152/2009 modifié par 691/2013), énergie brute (EB, calorimétrie (mode dynamique 25 °C), NF EN ISO 9831), matières azotées totales (MAT : N*6,25 - méthode Dumas, NF EN ISO 16634-1), AA (NF EN ISO 13903). La composition chimique des excréta (azote, azote protéique et EB) a été obtenue à l'aide d'équations de prédiction dans le proche infrarouge (SPIR) développées par ARVALIS et après validation sur 20 % des échantillons par les méthodes de référence ci-dessus. La méthode de Terpstra et Hart a été utilisée pour mesurer l'azote protéique des excréta. Les teneurs en TiO_2 ont été mesurées selon la méthode décrite par Short *et al.* (1996).

Les données sont analysées par un modèle à effets mixtes avec en effet fixe le tourteau incorporé dans l'aliment et en effet aléatoire l'animal.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les consommations des aliments contenant les différents TS testés ont varié de 998 ± 133 à 1073 ± 73 g sur la période J21-J28. Les poids à J28 ont fluctué de 1674 ± 188 à 1746 ± 86 g. Ces mesures ont été faites pour détecter des éventuels problèmes

d'appétence, d'acceptabilité ou de croissance avec les TSe, les aliments n'étant pas formulés pour être nutritionnellement comparables.

2.1. Composition chimique des TS

Les compositions chimiques des tourteaux sont variables (tableau 1). Le lot de TSe4 se différencie des autres TSe par une teneur plus faible en protéines et plus forte en MGh (-3,7 et +3,8 points en moyenne). En ce qui concerne les critères fibres, le TSe3 a des valeurs plus élevées que les trois autres TSe, excepté pour la valeur en parois, équivalente à celle du TSe4. À noter que les teneurs en Fibres Van Soest (NDF, ADF et ADL) ainsi qu'en parois et en cellulose brute ont été mesurées après délipidation pour les TSe. Pour les facteurs anti-trypsiques, les valeurs sont dans la plage normale de celles attendues et inférieures à la moyenne de l'observatoire Terres Inovia/Terres Univia 2019/20 pour les TS français (expeller à ce jour majoritaires : 3048 ± 1157 TIU/g ; min : 1965 ; max : 6549). Il ne devrait donc pas y avoir d'effet antinutritionnel de ces facteurs dans les TSe évalués.

2.2. Digestibilité et apport de nutriments

Dans le tableau 2, sont présentés les CUD et les teneurs en composants digestibles, mesurés au niveau fécal (énergie, MAT) et au niveau iléal (MAT, AA).

2.2.1. Énergie et protéines mesurées au niveau fécal

La digestibilité de l'énergie des différents TSe est variable, avec des valeurs allant de 51,6 à 56,0 %. Celle du TSe4 est la plus élevée, mais elle ne diffère pas significativement de celle du TSe1. Les deux autres TSe, TSe2 et TSe3, ont une digestibilité diminuée de plus de 4 points par rapport au TSe4.

Le TSd quant à lui, montre une valeur de 58,4 %, qui ne diffère pas significativement des TSe4 et TSe1 malgré la différence numérique de plus de 2 points (56,0 et 54,9 %).

En termes d'apports, parmi les TSe, c'est le TSe4 qui fournit le plus d'énergie, avec une différence significative de +300 kcal/kg MS par rapport au plus faible (TSe3). En comparaison, le TSd est inférieur de 120 kcal/kg MS au TSe4, mais non significativement. À la différence de la valeur énergétique, les valeurs de digestibilité de l'azote (CUDa.f N) des quatre TSe sont très proches (NS) avec une moyenne de 85,2 %. Elles sont toutes significativement plus faibles que celles du TSd (88,8 %). De ce fait, les apports en matière azotée digestible (MAD) ne varient que par la teneur en protéines dans les tourteaux.

Le niveau de MAD du TSe4 est significativement inférieur aux trois autres. Le TSe1 est supérieur de 1,5 point au TSe3 ($P < 0,05$) et le TSe2 est intermédiaire. Le TSd, avec la teneur en protéines la plus élevée et une meilleure digestibilité de cette fraction, apporte significativement plus de MAD que les TSe, soit de

2,8 à 4,5 points en comparaison de trois d'entre eux et même 6,8 points par rapport au TSe4.

Deux profils semblent s'opposer pour les TSe, l'un plus riche en MAD et moins riche en énergie (TSe4) et l'autre à l'inverse (TSe1). Ces profils s'expliquent plus par leur composition chimique que par leur niveau de digestibilité. Les TSe2 et TSe3 ont des profils intermédiaires et très similaires sur ces critères. Pour comparaison, le TSe testé dans le cadre du projet CASDAR VOCALIM (Danel *et al.*, 2019) avait une EMAn plus élevée (3001 kcal/kg MS) et une MAD dans la moyenne (42,1 % MS).

2.2.2. Protéines et AA mesurés au niveau iléal

Les mesures de digestibilité au niveau iléal étant effectuées sur un pool par traitement, aucune comparaison statistique n'est possible. Les résultats sont donc commentés sur les valeurs numériques.

La digestibilité des protéines des TSe mesurée au niveau iléal, est très homogène, autour de 82 %, sauf pour le TSe3 qui présente une valeur plus élevée (85,1 %), plus proche du TSd (86 %).

Pour les AA, la digestibilité iléale est variable entre les TSe. Pour la lysine, regardée souvent comme marqueur d'une dégradation liée au procédé technologique d'obtention de la matière première, les différences ne semblent pas très fortes. Les TSe1 et TSe4 ont des coefficients plus élevés que les TSe3 et TSe2 (2,1 à 3,4 points). Le TSd a la valeur la plus élevée (89,9 %). Pour les autres AA essentiels (Méthionine + Cystéine, Tryptophane, Thréonine), seul le TSe2 semble se démarquer avec des valeurs plus faibles par rapport aux autres TSe et au TSd.

En termes d'apport d'AA digestibles, les valeurs des TSe sont trop proches pour commenter les écarts, d'autant plus qu'il n'y a pas de notion de variabilité ou d'analyse statistique. Les résultats sont également comparables à ceux de Danel *et al.* (2019). Cependant, ces mesures peuvent apporter des valeurs moyennes des CUDa.i de chaque AA et de leurs teneurs digestibles pour les TSe par rapport au TSd. Les teneurs moyennes des TSe pour les AA essentiels sont 13 % inférieures à celles du TSd (Figure 1).

2.2.3. Digestibilité des protéines : mesures fécales vs. iléales

De par la difficulté de réalisation des mesures de digestibilité iléale chez le poulet, il nous semble intéressant de comparer les valeurs obtenues sur fientes et celles sur les contenus iléaux.

Les valeurs de digestibilité de l'azote obtenues pour les TSe sont inférieures au niveau iléal par rapport au niveau fécal (différence de 2,7 à 4 points), mais elles sont assez homogènes (écart inférieur à 0,3 point), sauf pour le TSe3, qui présente une valeur élevée (85,1 %) et similaire à celle obtenue au niveau fécal. Un écart de 2,1 points est constaté pour le TSd, similaire aux TSe mentionnés précédemment.

Des valeurs plus faibles pour les mesures au niveau iléal étaient attendues. D'une part, parce que le

contenu prélevé sur une portion de plusieurs dizaines de centimètres d'iléon peut contenir des nutriments qui ne sont pas complètement digérés, ce qui réduit la valeur de digestibilité iléale obtenue. D'autre part, la fraction azotée non digestible par les poulets est utilisée par la microflore des caeca, ce qui augmenterait la valeur de digestibilité fécale obtenue, bien qu'à cet âge il est probable que l'activité bactérienne soit encore faible. À noter que le prélèvement iléal correspond au contenu présent dans l'iléon à l'instant précis de l'abattage et les quantités récupérées sont faibles et variables, alors que la collecte de fientes correspond à l'excrétion de trois jours, ce qui rend l'échantillon plus représentatif.

CONCLUSION

Les TSe ont des teneurs en EMAn, en protéines et en AA digestibles intéressantes. Deux TSe ont des EMAn supérieures ou similaires au TSd. Les teneurs en protéines et en AA digestibles sont variables selon les origines et inférieures au TSd d'environ 10 %.

La variabilité des résultats obtenus sur les TSe peut soit venir des origines de production, soit des lots testés. Peu de données étant disponibles sur ce type de tourteau, il serait intéressant de poursuivre cette étude. Compte tenu de la difficulté à mesurer les digestibilités au niveau iléal, mieux appréhender les différences de résultats aux niveaux iléal et fécal permettrait peut-être de trouver une alternative satisfaisante.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Danel J., Dusart L., Recoules E., Quinsac A., Tormo E., Vilariño M., 2019. 13èmes Journ. Rech. Avicoles et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 20-21 mars, 484-489.
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.
Short F.J., Gorton P., Wiseman J., Boorman K.N., 1996. Anim. Feed Sci. Tech., 59, 215-221.

Tableau 2. Valeurs de digestibilité et teneurs en composants digestibles au niveau fécal et iléal des différents tourteaux testés - moyenne et écart-type pour les mesures individuelles et valeurs mesurées pour les pools

Tourteau		TSe1		TSe2		TSe3		TSe4		TSd		Effet TS ¹
Digestibilité												
FECAL, en individuel	EMAn/EB, %	54,9	ab	51,6	c	51,7	bc	56,0	a	58,4	a	*
		4,8		5,0		2,4		4,1		4,7		
	CUDa.f. N, %	85,9	b	84,9	b	84,8	b	85,2	b	88,8	a	*
		2,4		3,6		2,4		3,7		4,3		
	EMAn kcal/kg MS	2802	ab	2675	bc	2627	c	2924	a	2811	ab	*
	MAD	43,5	b	42,4	bc	42,0	c	39,5	d	46,3	a	***
	% MS	1,2		1,8		1,2		1,7		2,2		
ILEAL, analyses sur 1 pool par TS	CUDa.i N, %	81,9		82,2		85,1		82,1		86,8		Mesures faites sur un pool par traitement, pas de statistiques possibles
	CUDa.i. Lys, %	87,2		83,9		85,1		87,3		89,9		
	CUDa.i. Thr, %	83,2		72,7		84,9		80,6		82,2		
	CUDa.i. Met + Cys, %	75,1		70,7		77,0		78,0		76,1		
	CUDa.i. Trp, %	88,2		83,2		88,4		86,7		88,2		
	MAD, % MS	41,5		41,0		42,1		38,0		45,2		
	Lys dig, % MS	2,5		2,4		2,5		2,4		2,8		
	Thr dig, % MS	1,6		1,3		1,6		1,5		1,7		
	Met + Cys dig, % MS	1,1		1,0		0,9		1,0		1,2		
	Trp dig, % MS	0,6		0,6		0,6		0,5		0,6		

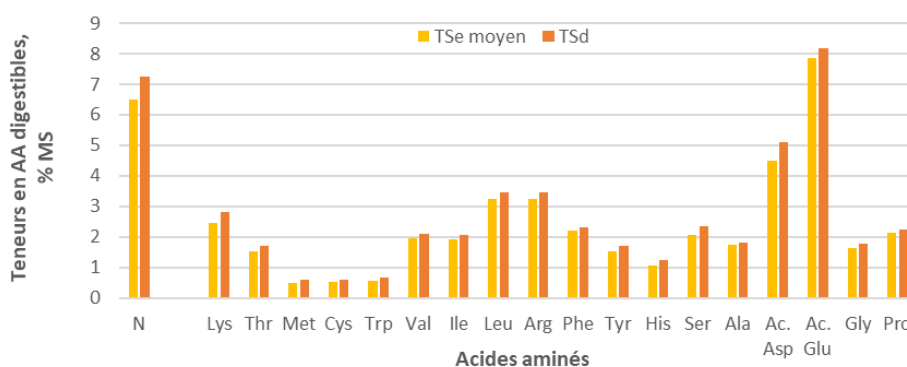
EMAn : Energie Métabolisable apparente à bilan azoté nul ; EB : Energie Brute ; CUDa : Coefficient d'utilisation digestive apparent ; f : fécal ; i : iléal ; N : Azote ; MAD : Matières Azotées Digestibles ; Lys : Lysine ; Thr : Thréonine ; Met + Cys : Méthionine + Cystéine ; Trp : Tryptophane ; ¹ Statistiques : une analyse de variance a été réalisée suivie d'un test par méthode des contrastes en post-analyse afin de ne considérer dans le dispositif complet que les valeurs « tourteau » et de mettre de côté la valeur du complémentaire calculée avec l'aliment sans tourteau à évaluer, permettant le calcul par différence ; * : P<0,05 ; *** : P<0,001.

Les valeurs pour les autres AA sont disponibles sur demande auprès des auteurs.

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

Composition, %MS	TSe1	TSe2	TSe3	TSe4	TSd
MS, %	91,8	89,3	90,8	90,3	85,8
Matières minérales	6	6,2	6,3	5,9	6,9
Cellulose brute*	5,1	4,0	6,0	5,6	3,4
NDF*	9,7	7,3	13,2	10,1	11,7
ADF*	5,1	3,3	6,7	5,6	4,3
ADL*	0,4	0,6	0,8	0,7	1,2
Parois végétales insolubles dans l'eau*	18,0	17,5	19,9	19,7	16,4
Matières grasses avec hydrolyse	9,3	11,9	9,9	14,2	4,8
Sucres totaux	9,8	10,9	9,7	10	11,4
Energie brute, kcal/kg MS	5099	5188	5085	5225	4812
Facteurs anti-trypsiques (TIU/g)	2277	2579	2010	2961	1822
Protéines DUMAS Nx6.25	50,7	49,9	49,5	46,3	52,1
Teneur en protéines solubles	34,5	35,0	29,0	35,1	35,3
Solubilité des protéines KOH, %	68%	70%	59%	76%	68%
Lysine totale	2,88	2,82	2,90	2,80	3,13
Thréonine totale	1,93	1,86	1,91	1,85	2,09
Méthionine totale	0,68	0,65	0,55	0,60	0,71
Cystine + Cystéine totales	0,73	0,76	0,65	0,74	0,82
Méthionine + Cystine totales	1,41	1,41	1,20	1,34	1,53
Tryptophane total	0,68	0,68	0,63	0,62	0,74
Valine totale	2,40	2,28	2,31	2,23	2,47
Isoleucine totale	2,20	2,12	2,22	2,09	2,25
Leucine totale	3,80	3,74	3,79	3,55	3,93
Arginine totale	3,84	3,48	3,61	3,40	3,67
Phénylalanine totale	2,56	2,54	2,57	2,32	2,58
Tyrosine totale	1,78	1,83	1,88	1,73	1,88
Histidine totale	1,34	1,23	1,27	1,23	1,39
Sérine totale	2,58	2,53	2,53	2,42	2,72
Alanine totale	2,11	2,07	2,12	2,03	2,16
Acide Aspartique total	5,71	5,56	5,65	5,29	6,10
Acide Glutamique total	9,08	8,94	9,02	8,68	9,25
Glycine totale	2,08	2,04	2,08	2,00	2,12
Proline totale	2,52	2,59	2,47	2,37	2,64

MS : Matière Sèche ; NDF : Fibres insolubles dans le détergent neutre ; ADF : Fibres insolubles dans le détergent acide ; ADL : Lignine ; N : azote. * analyses après délipidation pour les 4 TSe.

Figure 1. Teneurs moyennes en AA digestibles des TSe par rapport au TSd évalué

N : Azote ; Lys : Lysine ; Thr : Thréonine ; Met : Méthionine ; Cys : Cystéine ; Trp : Tryptophane ; Val : Valine ; Ile : Isoleucine ; Leu : Leucine ; Arg : Arginine ; Phe : Phénylalanine ; Tyr : Tyrosine ; His : Histidine ; Ser : Sérine ; Ala : Alanine ; Ac. Asp : Acide Aspartique ; Ac. Glu. : Acide Glutamique ; Gly : Glycine ; Pro : Proline.