

Valeur azotée des graines de légumineuses protéagineuses : dégradabilité dans le rumen des protéines du pois, cru ou extrudé, et du lupin

D. REMOND (1), J. AUFRERE (1), L. BERNARD (1), C. PONCET (1), C. PEYRONNET (2)
Station de Recherches sur la Nutrition des Herbivores, 63 122 St-Genès-Champanelle (France)
(2) UNIP, 12, avenue Georges-V, 75 008 Paris (France)

RÉSUMÉ – Deux essais ont été conduits pour préciser la valeur azotée des graines de protéagineux (pois et lupin) et déterminer l'intérêt d'un traitement d'extrusion. Le premier essai a été réalisé sur des moutons recevant du pois cru ou extrudé. L'azote non ammoniacal (NNA) soluble dans le rumen, provenant du pois (cru ou extrudé), et exporté avec la phase liquide du rumen, a représenté environ 30 % de l'azote particulaire non dégradé estimé *in situ*. En tenant compte de cette fraction soluble non dégradé dans le rumen, la dégradabilité du pois cru et extrudé a été respectivement de 0,83 et 0,59 (contre 0,87 et 0,69 pour la dégradabilité théorique, DT6). La dégradabilité de l'N du pois, estimé par des bilans *in vivo* (flux duodénaux), a été de 0,81 et 0,48 pour le pois cru et le pois extrudé.

L'essai 2, avec la graine de lupin, a montré que l'exportation hors du rumen de l'NNA soluble d'origine alimentaire est fonction de l'équilibre énergie/azote fermentescibles de la ration. Cette exportation a représenté respectivement 32 et 17 % de la fraction particulaire non dégradée dans le cas d'une ration excédentaire en azote et d'une ration équilibrée sur le plan de ses apports en énergie et azote fermentescibles dans le rumen.

Dans le cas du pois cru, les valeurs PDIA, PDIE et PDIN (g/kg MS) ressortant de cette étude sont 38, 136, 155. Le traitement de cuisson-extrusion étudié a fortement amélioré cette valeur azotée.

Nitrogen value of protein rich leguminous seeds : ruminal degradability of raw and extruded pea, and lupin

D. REMOND (1), J. AUFRERE (1), L. BERNARD (1), C. PONCET (1), C. PEYRONNET (2)
(1) INRA, Centre de Recherches de Clermont-Fd/Theix,

SUMMARY – Two experiments were carried out in order to determine more precisely the nitrogen value of leguminous seeds (pea and lupin), and evaluate the relevance of an extrusion treatment. In the first experiment sheep were fed raw or extruded pea. Soluble non ammoniacal nitrogen (NAN), coming from pea degradation, and exported with ruminal juice, accounted for about 30 % of *in situ* estimation of particulate associated undegradable nitrogen. Taking into account this soluble fraction undegraded in the rumen, raw and extruded pea degradability was 0.83 and 0.59 respectively (against 0.87 and 0.69 for theoretical degradation, DT6). Nitrogen degradability of pea, estimated from duodenal flow measurement, was 0.81 and 0.48 for raw and extruded pea respectively. The second experiment, with lupin seed, showed that ruminal outflow of soluble NAN, coming from lupin, is dependent on the fermentable energy/nitrogen ratio of the diet. This outflow accounted for 32 and 17 % of the particulate nitrogen outflow with a diet with nitrogen excess and with an equilibrated diet regarding to fermentable energy and nitrogen supply. For raw pea, PDIA, PDIE, PDIN values (g/kg MS), observed in this study were 38, 136, 155. The studied cooking-extrusion treatment largely increased this nitrogen value.

INTRODUCTION

Les protéines des graines de légumineuses sont caractérisées par une solubilité et une dégradabilité ruminale élevées à l'origine de leur faible valeur PDI (INRA, 1988). Cependant, cette valeur pourrait être sous-estimée, comme le suggèrent des essais zootechniques, du fait d'une surestimation de la dégradabilité des protéines par la technique des sachets de Nylon et/ou d'une sous-estimation de la synthèse protéique microbienne permise par des rations contenant des protéagineux. A même quantité d'N ingéré, il semble en effet exister une relation positive entre la dégradabilité ruminale des protéines alimentaires et la fourniture de protéines microbiennes à l'animal (Clark et al, 1992). D'autre part, la dégradabilité *in situ* peut sous-estimer la fourniture en acides aminés (AA) alimentaires en considérant que les différentes formes d'azote qui sortent des sachets incubés dans le rumen sont rapidement dégradées en ammoniac et ne fournissent donc pas des AA d'origine alimentaire à l'animal. Or des études de plus en plus nombreuses, réalisées *in vitro* et *in situ* avec différents types d'aliment et notamment avec la graine de pois et de lupin (Spencer et al, 1988), montrent que les protéines (ou les composants polypeptidiques) d'un aliment sont dégradées à des vitesses différentes en raison de leur localisation dans les tissus végétaux et de leur structure. Ainsi des protéines solubles peuvent subsister plusieurs heures (8 à 12 h) dans le milieu d'incubation (Aufrère et al, 1994 ; Messman et Weiss, 1994). De même certains peptides issus de la protéolyse peuvent être plus résistants que d'autres (Wallace 1996) et pourraient temporairement s'accumuler dans le rumen (Williams et Cockburn, 1991). Mais ces études ne permettent pas de prévoir l'importance des protéines, peptides et AA d'origine alimentaire, solubles dans le rumen, par rapport aux protéines « particulières », seules prises en compte par la technique *in situ*, et encore moins de prévoir leur contribution au flux d'AA entrant dans l'intestin grêle.

Nous présentons ici les premiers résultats d'un travail en cours dont le but est de préciser la valeur azotée de deux graines protéagineuses, le pois et le lupin, et d'étudier l'effet d'un traitement de cuisson-extrusion. La quantité d'azote non ammoniacal (NNA) soluble dans la phase liquide du contenu ruminal provenant de ces deux graines et exportée vers l'intestin a été estimée et comparée à la prévision *in situ* de l'azote non dégradé dans le rumen. Pour le pois (essai 1) des mesures ont porté sur la graine crue et sur la graine extrudée, avec une ration équilibrée dans ses apports en azote dégradable et en matière (MO) fermentescible dans le rumen. Des bilans digestifs duodénaux ont permis de comparer les estimations issues des mesures au niveau du rumen au flux duodénal d'azote provenant du pois. Pour le lupin (essai 2) seules les mesures au niveau du rumen et avec la graine crue ont été réalisées dans le but de tester l'influence de l'équilibre énergie/azote dégradable dans le rumen sur la quantité d'NNA alimentaire soluble dans le rumen provenant du lupin.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. ESSAI 1

Quatre moutons adultes, de race Texel (48-52 kg), munis de canules ruminales, duodénales, et iléales ont reçu successivement (de façon aléatoire) 2 rations contenant du pois (variété Solara) utilisé cru (**ration P**) ou après un traitement de cuisson (130 °C, 10 mn) suivi d'une extrusion (190 °C, 30 s, 18 % d'humidité ; **ration PE**). Ces deux aliments ont ensuite été broyés (grille de 3 mm) puis agglomérés. Les rations comprenaient 66 % de foin haché (Dactyle 2^e cycle ; 13,2 % de MAT) et 34 % d'aliment aggloméré (99,5 % de pois) celui-ci fournissant 49 % de l'N de la ration. Les animaux recevaient 1014 g de MS / j en deux repas égaux espacés de 12 h. Le flux duodénal de MO, N total, N-NH₃ et N microbien a été mesuré par la technique du double marquage (¹⁰³Ru-P et ⁵¹Cr-EDTA) et par marquage au ¹⁵N de l'N microbien (Yang et Poncet, 1993). La part de l'N alimentaire du foin non dégradé dans le rumen a été estimée (0,27) à partir de mesures antérieures effectuées dans notre laboratoire et de

données de la littérature (Merchen et Bourquin, 1994). La quantité d'N endogène passant au duodénum a été estimée à 1,5 g/j.

Des prélèvements de liquide ruminal ont été réalisés en cinétique avec les rations P et PE ainsi que au cours d'une période supplémentaire pour laquelle les animaux ne recevaient que le foin utilisé dans les rations P et PE (**ration F1**). Ces échantillons, filtrés sur une gaze de 250 µm, ont été immédiatement centrifugés (27 000 g, 20 mn, 4 °C) pour éliminer les particules alimentaires et les micro-organismes, puis fractionnés avant congélation, pour les dosages d'N total, N-NH₃. Le volume (v) et le taux de passage (k_p) moyens du liquide du rumen ont été calculés à partir de la décroissance de concentration du CrEDTA suivant l'injection d'une dose de marqueur avant un repas. La quantité d'NNA soluble (N total moins N-NH₃) provenant du pois exportée hors du rumen a été calculée en multipliant la concentration moyenne de NNA soluble ruminal provenant du pois par (v x k_p). Cette concentration a été calculée en faisant la différence entre la concentration observée avec la ration P ou PE et celle observée avec la ration F1, corrigée pour tenir compte des différences entre la quantité de foin ingérée avec la ration P ou PE (670 g MS) et la ration F1 (997 g MS). Les valeurs de dégradabilité théorique *in situ* (DT6) du pois cru et extrudé, utilisée dans nos calculs, sont respectivement 0,87 et 0,69 (Le Guen et al, 1997).

1.2. ESSAI 2

Quatre moutons Texel adultes (70-75 kg) munis d'une canule du rumen, ont reçu en 2 repas égaux espacés de 8 h, successivement une ration composée de foin (**ration F2** ; 1260 g MS / j ; foin de fléole 2^e cycle ; 11,6 % MAT) et une ration composée du même foin et de lupin broyé à la grille de 10 mm (990 g et 300 g MS respectivement) sans (**ration FL**, 17,7 % MAT) ou avec 200 g d'amidon de maïs purifié (**ration FLA**, 15,3 % MAT). Cette dernière ration, contrairement à la précédente, apporte théoriquement des quantités de MO et d'N fermentescibles dans le rumen équilibrées par rapport aux besoins pour la synthèse microbienne. Cinq prélèvements de liquide de rumen, filtrés et centrifugés comme dans l'essai 1, ont été fractionnés pour le dosage de N total, N-NH₃, et N non protéique (après déprotéinisation à l'acide sulfosalicylique). Le volume et le taux de passage moyen de la phase liquide du rumen ont été déterminés comme dans l'essai 1.

La valeur de DT6 du lupin utilisée pour nos comparaisons est 0,71 (Le Guen et al, 1997).

2. RÉSULTATS

2.1. ESSAI 1

La concentration en NNA dans le surnageant du liquide ruminal (figure 1) a fortement et rapidement augmenté après le repas avec la ration P pour rejoindre ensuite les valeurs plus faibles et peu variables observées avec la ration F1. Avec la ration PE, la concentration en NNA s'est maintenue à un niveau élevé et relativement constant au cours de la journée, au détriment des concentrations en NH₃. Les quantités d'N soluble évacuées du rumen, totales ou provenant du pois, apparaissent faibles (tableau 1) si on les compare aux quantités d'N ingéré (27,8 gN/j dont 13,7 gN provenant du pois), malgré l'accroissement important induit par le traitement d'extrusion. Par contre, leur importance est loin d'être négligeable par rapport au flux duodénal d'N alimentaire total ou provenant du pois (tableau 1), et par rapport à la quantité d'N non dégradé estimée par la technique *in situ* (1 - DT6). La fraction soluble correspond dans les deux cas à environ 30 % de la fraction d'N particulaire. La somme de ces fractions d'azote soluble et particulières provenant du pois, estimé par des mesures au niveau du rumen (2,31 et 5,66 g/j pour le pois et le pois extrudé) est inférieure (de l'ordre de 10 % pour P et 20 % pour PE) au flux duodénal d'N provenant du pois (respectivement 2,61 et 7,20 g/j). En ajoutant la fraction soluble non dégradé à la fraction particulaire, la dégradabilité du pois cru et extrudé devient respectivement 0,83 et 0,59. La dégradabilité de l'N provenant du pois dans le rumen estimé *in vivo* (à partir de la différence entre l'N ingéré du pois et le flux duodénal d'N alimentaire du pois) est de 0,81 et 0,48 pour le pois non traité et traité. Ces valeurs sont à comparer à 0,87 et 0,69, qui en sont les estimations par la technique *in situ* (DT6).

Figure 1

Evolution moyenne (n = 4) de la concentration en N non ammoniacal dans le jus de rumen (centrifugé à 27 000 g), chez des moutons alimentés en 2 repas par jour avec du foin (concentrations estimées pour 670 g de MS ingérée par jour) ou la même quantité de foin plus du pois cru ou extrudé (344 g MS/j)

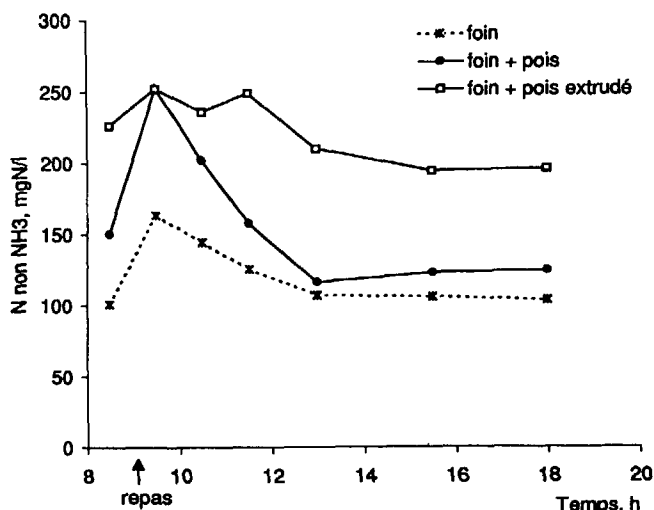


Tableau 1

Estimation de l'export journalier d'N non ammoniacal (NNA) soluble hors du rumen, et flux duodénal d'NNA chez 4 moutons recevant du foin avec du pois (P) ou du pois extrudé (PE)

	Régimes		Statistiques	
	P	PE	SEM	P
Liquide de rumen				
Azote soluble, mg N/l				
- total	366	346	18,4	0,274
- NH ₃	213	131	16,9	0,012
- NNA	153	215	18,6	0,027
Volume, L	5,36	6,17	0,27	0,133
Taux de passage, % h ⁻¹	8,38	8,34	0,51	0,928
NNA soluble exporté, g/j	1,52	2,58	0,23	0,002
lié au pois, g/j ⁽¹⁾	0,53	1,43		
N particulaire exporté lié au pois, g/j ⁽²⁾	1,78	4,23		
Flux duodénal d'NNA, g/j				
- total	25,8	32,7	1,50	0,010
- microbien	17,8	20,3	0,84	0,141
- alimentaire + endogène	8,0	12,5	0,96	0,004
- alimentaire pois ⁽³⁾	2,61	7,20	0,97	0,004
Dégradabilité ruminale du pois	0,81	0,48	0,07	0,003
Synthèse microbienne, N x 6,25 / Kg MOF	188	231	8,9	0,141

⁽¹⁾ obtenue en soustrayant à la quantité d'NNA exporté une fraction liée au foin (estimée à partir de données obtenues avec une ration contenant du foin seulement).

⁽²⁾ estimé par N du pois (% de la MS) x (1 - DT6) en utilisant des valeurs de DT6 de 0,87 et 0,69 pour le pois cru et le pois extrudé.

⁽³⁾ estimé à partir d'une dégradabilité ruminale du foin de 73 % et d'un flux d'N endogène de 1,5 g/j.

Le flux duodénal d'N microbien n'a pas été affecté par la baisse de dégradabilité du pois liée à l'extrusion (nous avons observé une augmentation de ce flux sur les 4 animaux, celle-ci n'étant cependant pas significative). La digestibilité intestinale apparente de l'N et des AA (résultats non présentés) n'a pas été diminuée par le traitement d'extrusion.

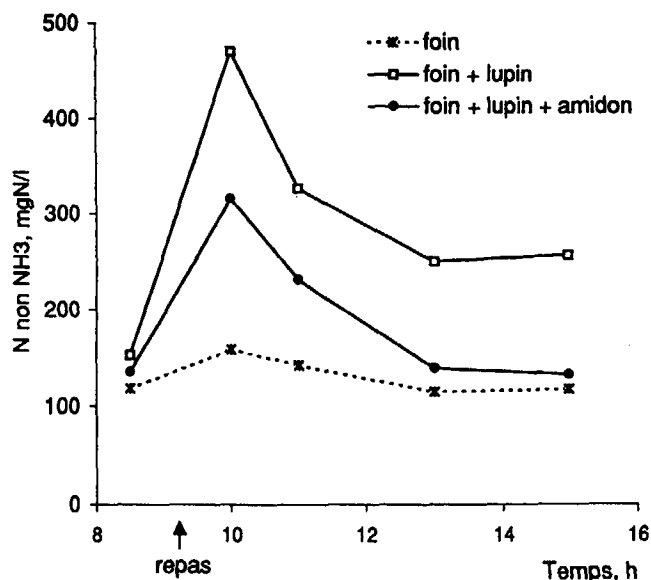
2.2. ESSAI 2

Les concentrations en N total et NNA solubles dans le rumen ont été plus élevées avec la ration FL qu'avec les rations P et PE de l'essai 1 et ceci à même teneur en azote. Avec la ration F, la concentration en NNA soluble a été faible (du même ordre de grandeur qu'avec le foin

de l'essai 1) et peu variable (figure 2). En revanche, avec la ration FL, elle a présenté un pic (470 mgN/l) 1 h après le repas puis a persisté à un niveau élevé (250 mgN/l) entre 4 et 6 h après le repas. L'addition d'amidon a réduit fortement l'accumulation post-prandiale d'NNA dont la concentration retrouve sa valeur initiale, ainsi que celle observée avec la ration F, 4 h après le repas. Les concentrations en N protéique (NP) et NNA non protéique évoluent parallèlement à celle de NNA, la part de NNA sous forme protéique étant toujours prépondérante. C'est cette fraction NP qui est la plus augmentée lorsqu'on compare la ration F, quasiment équilibrée, à la ration FL excédentaire en azote. Par contre la fraction NNA non protéique diminue beaucoup plus que la fraction NP en réponse à l'ajout d'amidon. Finalement la quantité d'NNA soluble exporté du rumen a été maximale avec la ration FL et intermédiaire avec la ration FLA. La part que l'on estime provenir du lupin a été fortement réduite par l'apport d'amidon (tableau 2), passant de 9,3 à 4,8 % de l'azote du lupin ingéré (18,33 g/j). Elle représente 32 et 17 % (respectivement dans les rations FL et FLA) de l'azote particulaire non dégradé dans le rumen estimé par la technique *in situ*. Dans le cadre d'une ration équilibrée (FLA) en tenant compte de la fraction soluble non dégradé, la dégradabilité du lupin passe de 0,71 à 0,66.

Figure 2

Evolution moyenne (n = 4) de la concentration en N non ammoniacal dans le jus de rumen (centrifugé à 27 000 g), chez des moutons alimentés en 2 repas par jour avec du foin (concentrations estimées pour 990 g de MS ingérée par jour) ou la même quantité de foin plus du lupin (330 g MS/j) avec ou sans amidon (200 g MS/j)



3. DISCUSSION

Le travail présenté ici est une première étape dans l'estimation de la contribution de la fraction alimentaire soluble dans le rumen (protéines et leurs produits de dégradation autres que l'NH₃) au flux d'acides aminés d'origine alimentaire à l'entrée de l'intestin grêle. Cette fraction non prise en compte dans l'estimation *in situ* de l'azote alimentaire qui échappe à la digestion dans le rumen, pourrait, selon son importance, sa composition en AA et sa digestibilité intestinale, être à l'origine d'une sous-estimation de la valeur azotée de certains aliments. Ce pourrait être a priori le cas des protéagineux métropolitains, dont les graines de pois et de lupin choisies pour modèle dans cette étude.

Tableau 2

Composantes de l'azote soluble dans la phase liquide du contenu ruminal, et estimation de l'export journalier d'N non ammoniacal (NNA) soluble hors du rumen, chez 4 moutons recevant du foin (F₂), du foin + lupin (FL) ou du foin + lupin + amidon (FLA)

	Régimes			Statistiques	
	F ₂	FL	FLA	SEM	P
Azote ingéré, g	23,0	37,1	37,1		
Azote soluble dans le rumen, mg N/l					
- total	294 ^b	472 ^a	359 ^b	13,9	0,006
- NH ₃	134 ^b	210 ^a	190 ^{ab}	27,0	0,040
- NNA	160 ^b	263 ^a	170 ^b	19,7	0,017
- protéique	91 ^b	180 ^a	129 ^b	13,3	0,006
- NNA non protéique ⁽¹⁾	69 ^a	83 ^a	40 ^b	8,7	0,024
Volume de la phase liquide, L	8,01	7,19	7,01	0,34	0,078
Taux de passage, % h ⁻¹	6,98 ^b	7,60 ^b	8,99 ^a	0,30	0,005
NNA soluble exporté, g/j	2,09 ^b	3,34 ^a	2,54 ^{ab}	0,21	0,031
lié au lupin, g/j ⁽²⁾		1,70	0,90		
NNA particulaire exporté, g/j ⁽³⁾		5,28			

⁽¹⁾ = NNA - N protéique

⁽²⁾ obtenu en soustrayant à la quantité d'NNA exportée une fraction liée au foin de la ration (NNA exporté observé avec la ration F₂, corrigé par la quantité de MS de foin ingérée dans la ration FL et FLA).

⁽³⁾ estimé par N du lupin (% de la MS) x (1 - DT6) en utilisant une valeur de DT6 de 0,71.

Des mesures quantitatives complémentaires dans leur approche (exportation du rumen, flux duodénaux), bien qu'encore imprécises dans l'état d'avancement du travail, ont abouti aux principaux résultats suivants.

3.1. FRACTIONS AZOTÉES SOLUBLES DANS LE RUMEN

L'NNA soluble dans le liquide de rumen estimé provenir du pois ou du lupin contribuerait pour une part non négligeable (de 15 à 25 %) à l'azote de ces aliments non dégradé dans le rumen (particulaire + soluble).

Plusieurs facteurs peuvent expliquer l'importance du pool de NNA soluble d'origine alimentaire dans le rumen. Spencer et al (1988) et Aufrère et al (1994) ont montré *in vitro* que certaines protéines du pois (albumines, légumine) ou leurs sous unités résistent aux dégradations enzymatiques et persistent à des concentrations importantes dans des milieux d'incubation. Les constituants azotés du lupin de poids moléculaire élevé (Spencer et al, 1988) peuvent également résister aux dégradations microbiennes et contribuer à l'explication de ces fortes concentrations. Ce phénomène est accentué par la forte solubilité de l'N du pois et du lupin (respectivement 73 et 77 % de l'N total) à l'origine de la forte augmentation postprandiale observée avec ces aliments. De plus, comme le montre l'essai 2, l'équilibre énergie/azote fermentescible de la ration vis-à-vis des besoins des micro-organismes influence fortement la quantité d'NNA, tant protéique que non protéique, présente dans le rumen et, en conséquence, celle qui s'en échappe. L'activité protéolytique est fortement liée à la disponibilité en énergie pour les bactéries (Broderick et al, 1991) de même que la captation des peptides et des AA et leur utilisation pour la synthèse de protéines microbiennes. Nous avons en effet observé une diminution des pools d'N protéique et peptidique dans le rumen lors de la supplémentation en énergie de la ration lupin. Il serait donc hasardeux de transposer à des conditions normales d'alimentation (rations théoriquement équilibrées) les résultats obtenus *in vitro* ou *in vivo* où des ajouts massifs de la source azotée testée sont réalisés dans le but de caractériser la nature et la composition des produits de dégradation plutôt que leur proportion respective.

Dans le cas des rations contenant du lupin, une grosse partie de l'NNA soluble dans le rumen est précipitée par l'acide sulfosalicylique (respectivement 68 et 76 % pour les rations FL et FLA) ; d'après les travaux de Chen et al (1987) cette fraction est essentiellement constituée de protéines (les polynucléotides représentant environ 15 % de l'N précipité). L'accumulation de protéines solubles dans le rumen lorsque l'on passe de la ration F à la ration FL, alors que la fraction non protéique de l'NNA n'a pas varié, semble indiquer que, dans le cas de la ration FL fortement excédentaire en N, c'est l'activité protéolytique du rumen qui est limitante dans la dégradation des protéines. La fraction NNA non protéique contient non seulement des

peptides mais également des AA libres, des petites protéines ainsi que des oligonucléotides (et leurs produits de dégradation). Un rapide sondage sur quelques échantillons, correspondant aux rations contenant du lupin ou du pois, révèle que 60 à 80 % de la fraction appelée NNA non protéique sont sous forme d'AA, dont 0 à 10 % sous forme d'AA libres et seulement 20 à 35 % sous forme de peptides (< 10 kDa), le reste pouvant être en grande partie des protéines résiduelles non précipitées par l'acide sulfosalicylique. Finalement, contrairement aux résultats de Chen et al (1987), nos travaux semblent indiquer que, pour les protéagineux étudiés, l'NNA soluble exporté hors du rumen est essentiellement constitué de protéines et non de peptides.

L'NNA est un paramètre facile à mesurer mais il apparaît indispensable de connaître la part de cet N sous forme d'AA, et de déterminer la fraction d'origine alimentaire. Dans un premier temps nous avons contourné la difficulté en utilisant une ration témoin constituée seulement du foin présent dans les rations expérimentales, et en calculant par différence la fraction de l'NNA soluble provenant de l'aliment testé. L'incertitude de ces calculs dépend de l'importance des fractions azotées microbienne et endogène dans le rumen.

3.2. DÉGRADABILITÉ DES PROTÉAGINEUX

Pour le pois cru, l'estimation *in situ* de l'azote non dégradé (1 - DT6) doit être multipliée par 1,47, dans nos conditions de mesures, pour égaler l'estimation *in vivo* (vs 1,11 dans le système PDI). La prise en compte de l'NNA soluble exporté dans l'estimation de l'N non dégradé ramène ce facteur de multiplication à 1,12. L'extrusion a amélioré de façon importante la valeur azotée du pois, principalement en accroissant la quantité d'N du pois non dégradée dans le rumen (x 2,45 selon l'estimation *in situ* ; x 2,76 selon l'estimation *in vivo*). Par ailleurs la persistance de concentrations élevées d'NNA solubles (source de peptides et d'AA) dans le rumen avec le pois extrudé pourrait expliquer l'apparente augmentation du flux duodéal d'N microbien (+ 14 %) sous l'effet du traitement, accroissement qui contribue à l'amélioration de la valeur azotée du pois.

Dans le cas du pois cru, les valeurs PDIA, PDIE et PDIN (g/kg MS) ressortant de cette étude, calculées à partir des données *in vivo* et d'une valeur de digestibilité réelle de l'azote alimentaire dans l'intestin grêle de 0,80, sont 38, 136, 155 (contre respectivement 23, 100, 155, dans les tables actuelles (INRA, 1988)) ; les valeurs correspondantes pour le pois cuit-extrudé que nous avons étudié sont 104, 202, 173.

CONCLUSION

Ces deux expériences montrent que, pour les graines de pois et de lupin, l'NNA soluble dans le rumen peut contribuer de façon non négligeable au flux d'azote alimentaire sortant du rumen. De plus, l'importance de cette fraction semble être favorable à l'efficacité de la synthèse microbienne. Des mesures plus fines sur une gamme d'aliments plus étendue, doivent être effectuées pour préciser l'origine et la teneur en AA de cette fraction soluble ainsi que les facteurs qui déterminent son importance dans le rumen et, par suite, à l'entrée de l'intestin grêle. La valeur des graines de pois (et de lupin) est actuellement sous estimée dans le système PDI. Une correction devrait être apportée pour prendre en compte la fraction soluble exportée et la meilleure efficacité de la synthèse microbienne apparemment observée avec ce type d'aliment. Le traitement de cuisson-extrusion étudié a fortement amélioré cette valeur azotée.

Remerciements

Ce travail a bénéficié d'un soutien financier de la part de l'Union Nationale Interprofessionnelle des plantes riches en Protéines, 12, avenue George-V, 75 008 Paris, France.

(Bibliographie disponible auprès des auteurs.)