

Aliments concentrés pour ruminants : dégradabilité *in situ* dans le rumen

Les modifications apportées au système PDI en 1988 ont conduit les industriels et les fabricants d'aliments du bétail à s'intéresser à la dégradabilité de l'azote des aliments dans le rumen, qui constitue un des principaux paramètres conditionnant la valeur azotée des aliments. La dégradabilité peut être mesurée directement par la technique des sachets de nylon ou estimée par une méthode enzymatique. La méthode des sachets permet d'avoir une mesure directe, mais les résultats obtenus pour un même aliment peuvent être très variables d'un laboratoire à l'autre. Il nous a donc paru intéressant de présenter les résultats de dégradabilité des concentrés obtenus au sein d'un même laboratoire, à l'INRA de Theix, résultats qui ont servi au calcul des paramètres du système PDI.

La plupart des systèmes d'évaluation de la valeur azotée des aliments repose actuellement sur l'estimation de la dégradabilité de l'azote alimentaire par la méthode des sachets de nylon (Jarrige 1987). Dans le cadre de la présentation des systèmes azotés, Vérité *et al* (1987) en France, Madsen et Hvelplund (1985) au Danemark, Tamminga *et al* (1990) aux Pays-Bas ont proposé des récapitulatifs des valeurs de dégradabilité *in situ*. Mais il est apparu intéressant de présenter de façon plus détaillée l'ensemble des résultats obtenus pour les aliments concentrés à l'INRA de Theix, de manière à pouvoir préciser les variations de dégradabilité au sein d'une même matière première, ainsi que la précision des résultats.

nus pour les aliments concentrés à l'INRA de Theix, de manière à pouvoir préciser les variations de dégradabilité au sein d'une même matière première, ainsi que la précision des résultats.

1 / Matériel et méthode

Cent vingt cinq échantillons, correspondant à 34 matières premières, ont été étudiés à l'INRA de Theix entre 1985 et 1990. La méthode de mesure de la dégradabilité *in situ* est celle décrite par Michalet-Doreau *et al* (1987b). Les mesures ont été réalisées sur 12 vaches taries de race Holstein, munies d'une canule du rumen, et recevant une ration (7 kg de MS /animal/jour) à base de foin de graminées (70%) et de concentré (30%), en 2 repas par jour. La composition du concentré est celle rapportée par Michalet-Doreau *et al* (1987b).

L'aliment étudié, broyé à la grille de 0,8 mm, a été introduit dans un sachet de nylon (dimensions internes : 6 x 11 cm, taille de pore: 46 µm) à raison de 3g par sachet, puis ce sachet a été fermé par soudure. Les sachets (27 par animal et par série) ont tous été placés au même moment dans le rumen, juste

Résumé

La dégradabilité *in situ* de l'azote dans le rumen a été mesurée sur 125 échantillons correspondant à 34 matières premières différentes. Pour une céréale donnée, les variations de dégradabilité du grain sont faibles, mais la dégradabilité des sous-produits (son de blé et farine basse de riz) est beaucoup plus variable et dépend du processus technologique. La chaleur entraîne toujours une diminution significative de la dégradabilité quelle que soit la matière première ou le processus technologique considérés : extrusion des graines protéagineuses et oléoprotéagineuses, augmentation de la température de cuisson de la graine de colza, augmentation de la température de déshydratation de la luzerne, mais l'importance de la diminution varie avec la nature de l'aliment et les modalités du traitement.

La précision de la mesure de dégradabilité *in situ* est en moyenne de 2,9 points, mais elle varie dans des proportions importantes avec la matière première, de 1 point pour le pois à 5 points pour l'orge.

avant le repas du matin, et retirés après 2, 4, 8, 16, 24 ou 48 h d'incubation, sauf pour le point 16 h qui, pour des raisons de commodité, a été introduit juste avant le repas du soir. Chaque mesure a été réalisée sur 3 vaches et, à chaque point de cinétique, pour un aliment, correspondaient 6 mesures (3 vaches x 2 répétitions). Dans chaque série de mesures un échantillon de référence (luzerne déshydratée) de dégradabilité connue a également été introduit de manière à pouvoir contrôler les fluctuations de l'activité microbienne ruminale et éliminer éventuellement les résultats correspondants à une série "anormale" (moins de 5% des résultats individuels ont été éliminés). Après incubation les sachets étaient lavés en machine, à l'eau froide, séchés et pesés.

La teneur en azote de l'aliment initial et des résidus de sachets a été déterminée par la méthode Kjeldahl, après regroupement des 2 sachets correspondants à un même point de cinétique et à un même animal.

Le calcul de la dégradabilité d'un aliment qui permet de prendre en compte la vitesse de dégradation de l'aliment dans le rumen (cinétique de disparition en sachets), et le taux de sortie des particules alimentaires hors du rumen (et donc de la fraction alimentaire qui échappe à la dégradation ruminale) a été fait par sommation des 2 phénomènes dans chaque intervalle de temps entre 2 durées d'incubation successives (Kristensen *et al* 1982), en admettant un taux de sortie des particules hors du rumen de $0,06 \text{ h}^{-1}$ (Vérité *et al* 1987).

Les dégradabilités des différents échantillons correspondants à une même matière première ont été comparées par analyse de variance. L'écart-type intra a été calculé à partir d'une estimation pondérée de la variance intra-échantillon, et correspond à la précision de la mesure pour la matière première considérée. L'écart-type inter a été calculé à partir des résultats moyens par échantillon.

2 / Résultats et discussion

La figure 1 permet une classification globale des matières premières en 3 catégories, les aliments dont la fraction azotée est très dégradable (dégradabilité > 80%) tels que les graines protéagineuses et oléoprotéagineuses, les aliments dont la fraction azotée est de dégradabilité moyenne (comprise entre 60 et 80%) tels que les céréales et sous-produits de céréales (sauf le maïs), les tourteaux et la luzerne déshydratée, et enfin ceux dont l'azote est peu dégradable (<60%) tels que le maïs et ses sous-produits, la pulpe de betterave et les sous-produits animaux. Mais la dégradabilité d'une même matière première peut également varier dans des proportions non négligeables (tableau 1) que nous nous efforcerons de préciser et d'expliquer dans la mesure du possible.

2.1 / Céréales

Si on exclut le maïs, la dégradabilité de l'azote des céréales est en moyenne élevée (79%, contre 39% pour le maïs). Quelle que soit la céréale considérée, nous n'avons jamais trouvé de variations significatives entre les variétés d'une même céréale. Par contre un des échantillons d'orge avait une dégradabilité significativement plus élevée que celle des autres (+ 10 points). Cette augmentation pourrait avoir pour origine une différence de finesse de broyage. En effet cet échantillon, broyé à la grille de 0,8 mm sur un autre broyeur, avait une granulométrie beaucoup plus fine que celle des autres échantillons. Or la dégradabilité de l'azote augmente avec l'augmentation de la finesse de broyage (Nordin et Campling 1976 ; Weakley *et al* 1983 ; Freer et Dove 1984), et une même grille de broyage peut conduire à des différences de granulométrie importantes suivant la matière première considérée (Michalet-Doreau et Cerneau 1991). Il serait préférable de caractériser la granulométrie d'un échantillon, non pas par sa grille de broyage, mais plutôt par la taille réelle des particules (Michalet-Doreau et Cerneau 1991). Par ailleurs la précision de la mesure, variation intra-échantillon, est plus faible pour les 2 céréales pour lesquelles on dispose d'un nombre suffisamment élevé d'échantillons, à savoir l'orge (4,2) et le maïs (5,0), que la précision moyenne obtenue sur l'ensemble des 125 échantillons étudiés (2,9). L'hypothèse d'un colmatage partiel des pores du sachet par des granules d'amidon (Lindberg et Varvikko 1982 ; Setala 1983) pourrait être à l'origine de cette plus forte variabilité. Cette hypothèse est corroborée par le fait que la précision de la mesure de la dégradabilité des sous-produits du maïs (gluten meal, tourteau de germe), pauvres en amidon, est nettement plus élevée, soit respectivement 2,6 et 3,1 points, que celle du maïs lui-même (5,0).

2.2 / Sous-produits de céréales

Si la composition chimique des céréales étudiées est très proche de celle rapportée dans les tables (Andrieu *et al* 1988), il n'en est pas de même pour la composition chimique des sous-produits qui est fortement dépendante du processus technologique. La plage de variation des teneurs en matières azotées des sons et rémoulages est beaucoup plus large que celle rapportée dans les tables, soit 142 à 201 g de matières azotées /kg de matière sèche contre 160 à 170 g dans les tables. L'étude de la composition chimique (teneur en cellulose brute) de ces sous-produits permet de distinguer deux populations, les sons gros d'une part, les sons fins et les rémoulages d'autre part. Cette distinction se retrouve au niveau de la dégradabilité de l'azote des aliments. En effet la dégradabilité du son dépend essentiellement du diagramme de mouture de la céréale initiale. Elle augmente significativement de 76% pour un son gros de blé à 84% pour un son fin ou un rémoulage blanc. On a pu mettre en évidence une relation significative entre la dégradabili-

Figure 1. Teneur et dégradabilité ruminale des matières azotées des principales matières premières consommées par les ruminants.

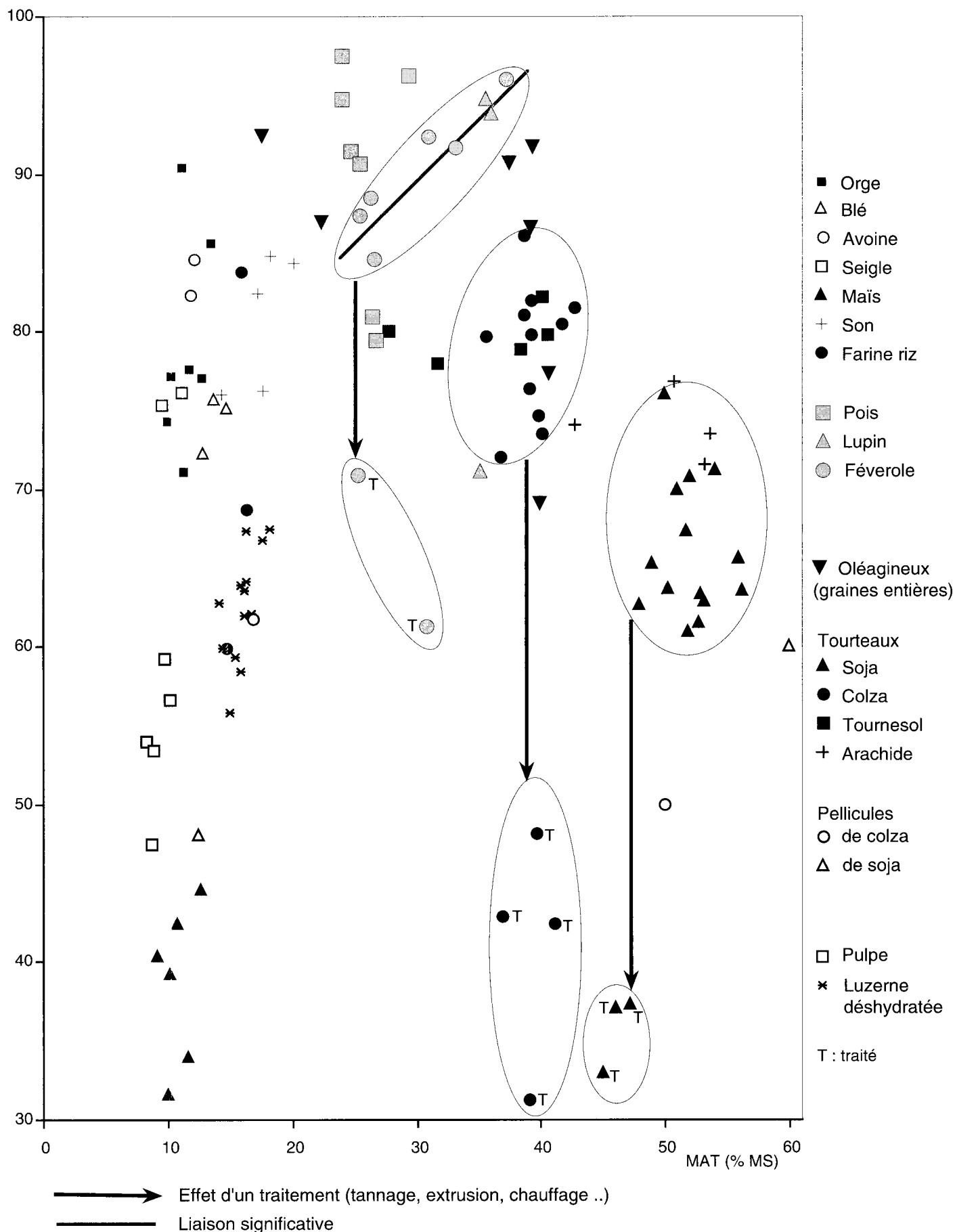


Tableau 1. Dégradabilité in situ de l'azote des principales matières premières utilisées dans l'alimentation des ruminants.

Aliments	Nombre échantillons	Composition chimique (g/kg MS)		Dégradabilité (%)		
		MAT moyenne <i>min-max</i>	CB moyenne <i>min-max</i>	Moyenne <i>min-max</i>	Ecart-type	
					intra*	inter**
Céréales						
Avoine	2	119	122	83,4	2,2	/
Blé	3	137	25	74,3	2,0	1,9
		128 - 147	23 - 26	72 - 76		
Maïs	6	103	22	38,7	4,2	4,5
		92 - 106	16 - 28	32 - 45		
Orge	5	106	47	79,7	5,0	8,5
		99 - 112	39 - 54	71 - 90		
Seigle	2	102	16	75,7	5,1	/
Triticale	2	121	19	77,3	2,5	/
Sous produits céréales						
Son	5	174	72	80,7	3,3	4,3
		142 - 201	50 - 115	76 - 85		
Gluten meal	2	671	70	23,0	2,6	/
Tourteau germe	1	246	116	50,6	3,1	/
Farine basse de riz	3	156	59	70,8	1,6	12,1
		147 - 162	35 - 103	60 - 84		
Graines protéagineuses et oléo-protéagineuses						
Féverole	6	299	82	90,0	2,0	4,1
		254 - 372	68 - 93	85 - 96		
Lupin	2	358	143	94,3	0,6	/
Pois	5	255	67	94,1	1,2	3,4
		240 - 254	52 - 98	91 - 97		
Féverole extrudée	2	280	78	66,1	3,6	/
Lupin extrudé	1	351	161	71,1	3,4	/
Pois extrudé	2	266	75	80,1	2,1	/
gr. oléoprotéagineuses	5	312	153	89,6	1,7	2,7
		176 - 394	62 - 219	86 - 92		
graines soja extrudées	3	400	75	61,8	4,8	20,1
		399 - 406	70 - 86	39 - 77		
Tourteaux						
Arachide	4	500	139	74,0	4,7	2,1
		427 - 536	87 - 168	72 - 77		
Colza	11	392	85	78,8	2,3	4,2
		356 - 427	62 - 111	72 - 86		
Colza chauffé	3	408	94	44,5	2,1	3,2
		369 - 411	82 - 114	42 - 48		
Coprah	1	236	130	49,2	3,7	/
Soja	14	522	54	66,1	2,5	4,4
		479 - 562	33 - 77	61 - 76		
Soja (+ colza) tanné	4	443	96	34,6	1,3	3,0
		391 - 472	85 - 120	31 - 37		
Tournesol	5	357	221	79,8	3,0	1,6
		277 - 405	154 - 285	78 - 82		
Enveloppes des graines						
Colza	1	169	154	61,8	2,2	/
Soja	1	125	370	48,0	1,5	/
Produits animaux						
Farine poisson	1	744	7	43,4	1,7	/
Farine viande	4	686	21	48,8	3,2	3,7
		562 - 923	12 - 35	45 - 54		
Pulpe betterave	5	92	207	54,1	3,6	4,4
		83 - 102	180 - 247	48 - 59		
Luzerne déshydratée	13	160	292	62,6	1,8	3,5
		141 - 182	267 - 324	56 - 67		

* Ecart-type intra : variation intra-échantillon correspondant à la précision de la mesure

** Ecart-type inter : variation inter-échantillon, intra matière première

té des sons de blé et leur teneur en cellulose brute (CB en g/ kg de matière sèche), soit :

$$\text{Dégradabilité} = -0,119 \text{ CB} + 90,6 \quad (N = 5, s = 2,8, R^2 = 0,69)$$

La dégradabilité des 3 farines basses de riz étudiées est très variable, de 60 à 84%. Ces échantillons correspondent à une farine de premier cône, de dégradabilité faible (60%), de 4ème cône de dégradabilité beaucoup plus élevée (84%), et d'un échantillon de farine de mélange, de dégradabilité intermédiaire (69%). Lors de l'opération de blanchiment du riz qui a pour objectif de débarrasser le grain des différentes couches du péricarpe qui l'enveloppent, la farine s'appauvrit en parois et s'enrichit en amidon, ce qui explique la variation de dégradabilité de ces farines. Dans la pratique, seules sont commercialisées les farines de mélange, mais la proportion respective des issues des différents cônes peut varier et, en conséquence, la dégradabilité du mélange.

2.3 / Graines protéagineuses et oléoprotéagineuses

Ces graines, à l'état brut, ont une dégradabilité élevée, en moyenne supérieure à 90%. Au sein d'une même espèce, on observe cependant des variations. Ainsi, pour les 5 échantillons de pois étudiés, la dégradabilité varie de 91 à 97%. Comme pour l'orge, cette variation est à rapprocher d'un problème méthodologique lié au broyage de l'échantillon, l'échantillon ayant la dégradabilité la plus élevée ayant la même provenance que l'orge étudiée précédemment. Pour la féverole, la dégradabilité varie de 85 à 96%, et ces variations correspondent à des différences significatives entre variétés. Ainsi la variété Blandine, appauvrie génétiquement en tannins, est plus dégradable (96%) que la variété Ascott (92%) qui a elle-même une dégradabilité supérieure aux variétés Alto et Talo (86%). La dégradabilité des féveroles est corrélée positivement avec la teneur en MAT des échantillons (exprimée en% matière sèche), soit :

$$\text{Dégradabilité} = 0,078 \text{ MAT} + 66,4 \quad (N = 6, s = 1,8, R^2 = 0,82)$$

La dégradabilité des graines oléoprotéagineuses est elle-aussi élevée, 90% en moyenne, et relativement constante quelle que soit l'espèce végétale considérée, soit 90% pour le soja, 87% pour le colza et 92% pour la graine de tournesol.

Par suite de leur dégradabilité élevée, et donc de leur faible valeur azotée dans le système PDI, certains industriels ont cherché à protéger ces graines par un traitement technologique approprié. L'un des traitements les plus utilisés actuellement est l'extrusion. Ce traitement, qui met en oeuvre une augmentation de température et de pression, entraîne toujours une diminution significative de la dégradabilité de l'azote. Ce phénomène a une importance variable suivant la nature de l'aliment, soit une diminution de 25 points pour les graines de soja et de féverole, contre seulement 15

points pour le pois (Michalet-Doreau *et al* 1987a). En outre, pour une même espèce végétale, la diminution de dégradabilité varie également, de 13 à 51 points pour la graine de soja (Michalet-Doreau *et al* 1986, 1987a) et de 7 à 16 points pour la féverole (résultats non publiés et Benchaar *et al* 1992), suivant les modalités de l'extrusion.

2.4 / Tourteaux et enveloppes issues de graine oléoprotéagineuse

Les tourteaux de colza étudiés correspondent à des "tourteaux de colza 35", bien que leur teneur en cellulose brute soit un peu plus faible (85 g/ kg de matière sèche) que la teneur moyenne rapportée dans les tables (129 g), les teneurs en matières azotées moyennes étant par ailleurs tout à fait comparables. La dégradabilité moyenne de ces tourteaux de colza (79%) est élevée et supérieure à celle du tourteau de soja (66%). Elle a varié dans nos échantillons de 72 à 86%, et cette variabilité peut être expliquée en grande partie par le traitement technologique subi par les graines lors de la trituration. Ainsi le dépelliculage de la graine avant trituration, qui a pour objectif d'augmenter la valeur énergétique du tourteau, entraîne également une augmentation significative de la dégradabilité de 9,5 points, liée au fait que la dégradabilité des pellicules de colza est plus faible que celle du tourteau. Par ailleurs l'augmentation de la température de cuisson de la graine (de 90° à 110°C) avant extraction de l'huile ou l'injection de vapeur lors de la désolvantation entraîne une diminution de la dégradabilité de l'azote de 8 points. Cet effet de la température de cuisson est encore plus important quand celle-ci atteint 130°C, soit une diminution de plus de 40 points, la dégradabilité des tourteaux de colza cuits à 130°C (45%) étant alors peu différente de celle des tourteaux tannés (35%) (Michalet-Doreau et Evrard 1991).

Les 14 tourteaux de soja que nous avons étudiés, couvrent la gamme des tourteaux de soja 44 à 50 répertoriés dans les tables, la plage de variation de leur composition chimique étant identique à celle rapportée dans les tables. La dégradabilité de ces tourteaux a varié entre 61 et 76%. Ces variations ne peuvent être expliquées ni par leur composition chimique respective, ni par des différences au niveau du process qui n'était pas connu.

Le tannage du soja comme celui d'un mélange soja + colza, permet de réduire notablement la dégradabilité de l'azote des tourteaux (35%). Mais il existe des différences significatives entre échantillons (de 31 à 37%), la précision de la mesure sur ce type de matière première étant relativement élevée, 1,3 points contre 2,9 pour l'ensemble des échantillons étudiés.

Les teneurs en matières azotées des tourteaux de tournesol étaient plus faibles (de 277 à 405 g /kg de matière sèche) que celles données dans les tables (de 337 à 497 g /kg), alors que les teneurs en cellulose brute sont compa-

La dégradabilité de l'azote dépend du traitement technologique appliqué, notamment de la température de cuisson de la graine dans le cas des tourteaux de colza.

rables. Leur dégradabilité est en moyenne de 80%. Et elle est indépendante du niveau de décortilage de la graine avant trituration, puisque les teneurs en matières azotées et en cellulose brute de ces tourteaux ont varié dans des proportions non négligeables.

2.5 / Pulpe de betterave et luzerne déshydratée

La dégradabilité des pulpes est en moyenne de 54%. Sur ces aliments la précision de la technique de mesure est assez faible (3,6 points). Pour l'un des échantillons, l'écart-type intra-échantillon est même de 7,5 points. Cet écart-type élevé est probablement lié à un problème de contamination microbienne. Le lavage du sachet, après incubation, a pour objectif de débarasser partiellement le résidu alimentaire des microbes qui restent fixés sur les particules. Si ce lavage est insuffisant, la part de matière sèche, et donc d'azote microbien, qui reste dans certains sachets peut être élevée, avec une incidence sur la valeur de dégradabilité d'autant plus importante que les aliments sont pauvres en azote et riches en parois, ce qui est le cas de la pulpe. Ces problèmes liés au lavage peuvent être facilement détectés par le fait que l'écart-type est alors beaucoup plus faible pour la dégradabilité de la matière sèche que pour celle de l'azote, et que la teneur en azote des résidus de sachets augmente régulièrement avec la durée d'incubation.

Bien que la luzerne déshydratée soit un fourrage, nous présenterons les résultats obtenus sur ce type d'aliment qui est classiquement utilisé comme complément des rations pour ruminants. La composition chimique des luzernes déshydratées étudiées recouvre celle des luzernes (de 15 à 18% de matières azotées) répertoriées dans les tables. Leur dégradabilité est en moyenne de 63%, et la précision de la mesure est élevée (1,8 points) comme pour tous les fourrages. Cette valeur de dégradabilité varie avec la nature du fourrage initial et les conditions de séchage. La dégradabilité des trois luzernes séchées dans des conditions identiques a augmenté de 1,5 points régulièrement avec la teneur en matières azotées, mais cette augmentation reste non significative étant donné la faible amplitude de variation de la teneur en matières azotées des échantillons, de 14 à 16% de la matière sèche. Dans nos essais, l'influence du mode de séchage a été beaucoup plus marqué. La dégradabilité d'un même lot de luzerne séché à la flamme ou à la vapeur surchauffée est passée respectivement de 62 à 58%. Parallèlement le séchage des luzernes préalablement préfanées, process utilisé pour réduire le coût énergétique de la déshydratation, conduit à une dégradabilité des produits plus élevée (67%) que le séchage classique du fourrage à l'état frais (63,5%).

Conclusion

Ces résultats permettent de faire le point sur les effets de certains facteurs de variation

de la dégradabilité de l'azote au sein d'une même matière première : variété, type de process (chauffage, dépelliculage des graines), traitement technologique (extrusion, tannage). Bien que la liste des facteurs étudiés soit loin d'être exhaustive, la connaissance de ces résultats fournit un premier référentiel utile des facteurs susceptibles de modifier la dégradabilité de l'azote des matières premières. A ce titre ils sont disponibles dans la banque de données de l'alimentation animale de l'AFZ, dont l'INRA est un des partenaires.

Par ailleurs si, pour un échantillon donné, l'origine des variations des résultats de dégradation est actuellement bien connue (Mehrez et Orskov 1977 ; Van der Koelen *et al* 1992), de même que la répétabilité moyenne et la reproductibilité de la technique *in situ* (Vérité *et al* 1990), l'influence du type de matière première sur la précision de la mesure a été très peu étudiée. Ces résultats mettent en évidence le fait que la dégradabilité de certaines matières premières (céréales, pulpe de betterave) est plus difficile à mesurer, et qu'il serait donc nécessaire d'augmenter le nombre de répétitions (animal ou jour) pour obtenir le même degré de précision.

Références bibliographiques

- Andrieu J., Demarquilly C., Sauvant D., 1988. Tables de la valeur nutritive des aliments. In: Alimentation des bovins, ovins et caprins. R. Jarrige (Ed.). INRA 147 rue de l'Université. 75007 Paris.
- Benchaar C., Cros P., Bayourthe C., 1992. Effect of extruding horsebeans and lupin seeds on *in situ* rumen degradation and intestinal digestibility of seed protein in non lactating cows. In : Proc. 1st Europ. Conf. on grain legumes. pp. 501-502
- Freer M., Dove H., 1984. Rumen degradation of protein in sunflower meal, rapeseed meal and lupin seed placed in nylon bags. Anim. Feed Sci. Technol., 11, 87-101.
- Jarrige R., 1987. Situation and perspectives of the modern protein feeding systems for ruminants. In: Feed evaluation and protein requirements systems for ruminants. R. Jarrige and G. Alderman (Ed.). CEC Seminar. Brussels. pp. 305-326.
- Koelen Van Der C.J., Goedhart P.W., Van Vuuren A.M., Savoini G., 1992. Sources of variation of the *in situ* nylon bag technique. Anim. Feed Sci. Technol., 38, 35-42.
- Kristensen E.S., Moller P.D., Hvelplund T., 1982. Estimation of the effective protein degradability in the rumen of cows using the nylon bag technique combined with the outflow rate. Acta Agric. Scand., 32, 123-127.

La précision de la mesure de dégradabilité varie fortement selon la matière première.

- Lindberg J.E., Varvikko T., 1982. The effect of bag pore size on the ruminal degradation of dry matter, nitrogenous compounds and cell walls in nylon bags. *Swed. J. Agric. Res.*, 12, 163-171.
- Madsen J., Hvelplund T., 1985. Protein degradation in the rumen. A comparison between *in vitro*, nylon bag and buffer measurements. *Acta Agric. Scand.*, 25 (suppl.), 103-124.
- Mehrez A.Z., Orskov E.R., 1977. A study of artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.*, 88, 645-650.
- Michalet-Doreau B., Bogaert C., Bauchart D., 1986. Valeur nutritive des graines de soja crues et extrudées pour les ruminants. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA*, 59, 29-38.
- Michalet-Doreau B., Cerneau P., 1991. Influence of foodstuff particle size on *in situ* degradation of nitrogen in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 35, 69-81.
- Michalet-Doreau B., Doreau M., Voisin A., Bogaert C., 1987a. Effets de l'extrusion sur la valeur azotée des aliments pour ruminants. In : Cuisson-extrusion. Colonna P. (Ed.). INRA Publ., route de St-Cyr, 78000, Versailles. pp.249-258.
- Michalet-Doreau B., Evrard J., 1991. Influence du mode de trituration des tourteaux sur leur valeur azotée pour les ruminants. In: Proc. GCIRC 8th Intern. Rapeseed Cong. McGregor D.I. (Ed.). Saskatoon, Canada. pp. 418-423.
- Michalet-Doreau B., Vérité R., Chapoutot P., 1987b. Méthodologie de mesure de la dégradabilité *in sacco* de l'azote des aliments dans le rumen. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA*, 69, 5-7.
- Nordin N.Y., Campling R.C., 1976. Digestibility studies with cows given whole and rolled cereal grains. *Anim. Prod.*, 23, 305-315.
- Setälä J., 1983. The nylon bag technique in the determination of ruminal feed protein degradation. *J. Sci. Agric. Finland*, 55, 1-78.
- Tamminga S., Van Vuuren A.M., Van Der Koelen C.J., Ketelaar R.S., Van Der Togt P.L., 1990. Ruminal behaviour of structural carbohydrates, non-structural carbohydrates and crude protein from concentrate ingredients in dairy cows. *Neth. J. Agric. Sci.*, 38, 513-526.
- Vérité R., Michalet-Doreau B., Chapoutot P., Peyraud J.L., Poncet C., 1987. Révision du système des protéines digestibles dans l'intestin (PDI). *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA*, 70, 19-34.
- Vérité R., Michalet-Doreau B., Vedeau F., Chapoutot P., 1990. Dégradabilité en sachets des matières azotées des aliments concentrés : standardisation de la méthode et variabilités intra et inter laboratoires. *Reprod. Nutr. Dev.*, 2 (suppl.), 161s-162s.
- Weakley D.C., Stern M.D., Satter L.D., 1983. Factors affecting disappearance of feedstuffs from bags suspended in the rumen. *J. Anim. Sci.*, 56, 493-507.

Summary

In situ nitrogen degradability of concentrates in the rumen.

We measured the *in situ* nitrogen degradability of 125 samples corresponding to 34 concentrate feeds. For a same cereal, the variations of grain degradability are low, but these of sub-products degradability (wheat bran and rice bran) are large and are depending of process. The heat treatment of concentrates involves always a significative decrease of degradability, whatever the concentrate and the process: extrusion of oilseeds and legume seeds, increase of cooking temperature of rape-

seed, increase of dehydration temperature of lucerne. The extent of decrease varies with the nature of feed and the conditions of treatment.

In mean, the precision of *in situ* degradability measurement is 2.9 points, and its varies with the nature of feed, from 1 point for pea to 5 points for barley.

MICHALET-DOREAU Brigitte, 1992. Aliments concentrés pour ruminants : dégradabilité *in situ* de l'azote dans le rumen. *INRA Prod. Anim.*, 5 (5), 371-377.