

# LES QUALITES DES GRAINES DE LEGUMINEUSES EN NUTRITION AVIAIRE

Bernard Carré

INRA, Station de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly

## Résumé

La présente revue s'est concentrée sur cinq espèces de légumineuse, le pois, la féverole, les lupins blanc et bleu et le pois chiche. Le texte est divisé en quatre parties qui concernent respectivement les protéines, l'énergie métabolisable, les glucides non amylacés et quelques points divers. Il ressort de cette revue que la plupart des aspects nutritionnels qui concernent ces graines de légumineuse sont maintenant bien compris. Il reste à clarifier quelques points liés à la digestion des protéines de légumineuses, qui méritent d'être encore étudiés.

## Abstract

### The qualities of grain legumes for poultry

Five legume seeds are considered, namely peas, faba beans, white lupins, blue lupins and chick peas. The review is divided into four parts that concern proteins, metabolisable energy value, non-starch carbohydrates and other miscellaneous points. It appears from this review that many nutritional aspects of legume seeds are now well understood. However, the digestion of legume proteins has not been fully clarified and requires further studies.

## Introduction

L'introduction des graines de légumineuse dans les régimes pratiques destinés aux oiseaux d'élevage a probablement débuté il y a une quinzaine d'années. Les nutritionnistes doivent se souvenir que l'arrivée de ces nouvelles matières premières n'a pu être rendu possible que grâce aux efforts développés par les sélectionneurs de semences et les agronomes qui se sont attachés à constamment améliorer les niveaux et la régularité des rendements. Les sélectionneurs ont même, parfois, cherché à améliorer la qualité nutritionnelle des graines en produisant par exemple les lupins sans alcaloïde, des pois ou des féveroles sans tannin, des pois à faible teneur en antitryptique, et récemment des féveroles sans vicine et convicine. Ces travaux ont essentiellement concerné les pois, les féveroles, les lupins bleus et lupins blancs. Dans le même temps, des efforts importants ont été développés dans les domaines de la nutrition animale et de la biochimie. Grâce à tous ces progrès et connaissances accumulés, l'introduction de ces graines dans les régimes pratiques est devenue possible jusqu'à un niveau de 30 % (Lacassagne, 1988). Toutefois, leurs introductions ne peuvent être satisfaisantes que si leurs qualités ont été estimées correctement. Le détail de ces qualités est l'objet de la présente revue. Nous nous sommes limités ici aux espèces de légumineuse majeures, c'est-à-dire les pois, féverole, lupin blanc, lupin bleu et pois chiche.

### 1. Les protéines

#### a. Teneurs

Les graines de légumineuse ont été avant tout développées du fait de leurs fortes teneurs en

protéines, comparées aux céréales. Cependant, ces teneurs varient beaucoup d'une espèce à l'autre (Tableau 1), avec des niveaux relativement faibles pour le pois. Pour les niveaux les plus faibles, il est important de rappeler que les protéines ne constituent plus le principal facteur limitant d'introduction dans les régimes pratiques, la valeur énergétique devenant alors le principal facteur de variation du niveau d'introduction. De grandes disparités existent également à l'intérieur d'une espèce, provenant à la fois des caractéristiques génétiques et agronomiques. Pour le pois sans tannin, les caractéristiques génétiques peuvent entraîner des variations des teneurs protéiques allant de 22 à 31 % de la matière sèche (P.E.A. Programme, 1996). Ces variations soulèvent la question des relations entre la teneur protéique et les autres critères nutritionnels, tel que l'énergie métabolisable (EM). En effet, les teneurs en protéines et amidon sont fortement corrélées entre elles (pois sans tannin : amidon (%/MS) =  $73.8 - 1.01 \text{ Prot. } (\%/\text{MS})$ ,  $R^2 = 0,475$ ,  $n = 141$  - P.E.A. Programme, 1996). Cependant, au vu de cette dernière équation, la somme des concentrations en amidon et protéines dépend très peu des protéines. Pour les pois sans tannin, la teneur en protéines est négativement corrélée aux EM potentielles calculées par diverses équations, mais ces corrélations sont très faibles ( $R^2 < 0,1$ ,  $n = 141$  - P.E.A. Programme, 1996). Par conséquent, être en présence d'un pois riche en protéines n'augmente que très faiblement le risque d'être aussi en présence d'une graine à faible valeur énergétique.

La concentration protéique est également liée à la composition des protéines en acides aminés : il a été clairement démontré que les protéines de légumineuse s'appauvrissent en lysine et acides

aminés soufrés lorsque les concentrations protéiques des graines augmentent (Mossé *et al.*, 1987a, b ; Baudet et Mossé, 1980).

#### b. Les acides aminés

La composition en acides aminés est un aspect important à considérer compte tenu des risques de limites sur ce point. Si la lysine est en excès dans les protéines de pois, féverole et pois chiche, ce n'est pas de cas pour les lupins (Tableau 2). La déficience en acides aminés soufrés concerne toutes les protéines de légumineuse (Tableau 2) sans que cela soit un réel problème, étant donné que la formulation corrige aisément cette carence, au moins par l'addition de DL méthionine. La principale limite pratique pourrait concerner le tryptophane, déficient dans tous les cas et surtout dans le lupin, si le maïs est utilisé comme céréale principale (Tableau 2). Les expériences de croissance testant le lupin blanc additionné à du maïs sans ajustement du tryptophane, sont ininterprétables (Brenes *et al.*, 1993). Le niveau de thréonine est également un point de préoccupation pour la plupart des protéines de légumineuse et tout particulièrement pour le lupin blanc (Tableau 2). Les acides aminés essentiels des protéines de légumineuse peuvent devenir encore plus limitants si la formulation s'effectue sur la base du besoin en protéine idéale (Tableau 2). Une telle formulation pourrait s'appliquer dans le futur pour réduire les pertes azotées et les pollutions qui s'ensuivent. Dans un tel système, tous les acides aminés essentiels des protéines de légumineuse deviennent limitants à l'exception de la lysine (sauf pour les lupins) et de l'arginine. L'introduction des graines de légumineuse dépendra alors du prix des acides aminés purifiés, en particulier de celui du tryptophane.

#### c. Digestibilité

La valeur des protéines dépend également de leurs digestibilités. Les digestibilités apparentes des protéines de légumineuse présentent souvent des valeurs normales, proches de celle du tourteau de soja (80-85 % , Lacassagne *et al.*, 1988 ; Carré *et al.*, 1991 ; Brenes *et al.*, 1993). Cependant, elles peuvent parfois être assez faibles, même pour le pois sans tannin (Conan et Carré, 1989). Plusieurs facteurs peuvent être responsables des faibles digestions protéiques. Les tannins condensés, présents dans les cuticules de certaines variétés de féverole, pois ou pois chiche (Desi), entraînent invariablement de faibles digestions protéiques (Guillaume et Gomez, 1977 ; Marquardt *et al.*, 1977 ; Lacassagne *et al.*, 1988, 1991 ; Singh et Jambunathan, 1981). En pratique, les tannins affectent spécifiquement la digestion des protéines, l'amidon apparaissant très peu concerné (Lacassagne *et al.*, 1991), ce qui suggère que l'effet des tannins résulte essentiellement d'une interaction avec les protéines alimentaires et non d'une interaction avec les enzymes digestives. L'effet des tannins sur la digestion de l'amidon n'a été observé qu'avec des niveaux élevés de tannin (Longstaff et Mc Nab,

1991a, b) qui ne correspondent pas à la pratique. L'effet des tannins pourrait être réduit par le chauffage (Marquardt et Ward, 1979). Cependant, ces derniers auteurs n'observent qu'une réduction de moitié, Guillaume (1978), pour sa part, n'observant aucun effet. Les méthodes les plus efficaces restent encore l'utilisation de cultivars sans tannin ou le dépelliculage.

Les facteurs anti-trypsiques (TUI) peuvent également être invoqués dans les cas des faibles digestions protéiques (Garlich et Nesheim, 1966). Cependant, cette hypothèse n'a été démontrée qu'avec le soja entier non traité qui contient des niveaux de TUI beaucoup plus élevés que les pois et féverole (Valdebouze *et al.*, 1980). Une absence de relation (Carré et Conan, 1989) ou seulement une faible relation négative ( $R^2 = 0,12$  ; P.E.A. Programme, 1996) ont été observées entre digestibilité protéique et niveau de TUI du pois. On peut noter que les niveaux de TUI peuvent être réduits par la sélection génétique, les anti-trypsiques dépendant fortement des cultivars.

Il a été suggéré qu'un défaut d'accessibilité dans les particules grossières pourrait expliquer les faibles digestibilités protéiques des pois (Carré *et al.*, 1991). Mais un broyage fin n'induit pas de changement dans la digestibilité protéique des pois et féverole, comparativement à un broyage grossier (Totsuka *et al.*, 1977 ; Lacassagne *et al.*, 1991 ; Conan *et al.*, 1992). Cependant, ces dernières expériences ne contrôlaient pas les répartitions granulométriques des farines qui, probablement, présentaient des zones de recouvrement importantes. Une expérience récente a été menée en prenant soin d'obtenir deux moutures de pois avec très peu de recouvrement dans la répartition granulométrique. Il a pu être observé que la mouture la plus grossière (moyenne : 920  $\mu\text{m}$ ) conduisait à une digestibilité apparente des protéines diminuée de 7 points de pourcentage par rapport à la mouture fine (moyenne : 31  $\mu\text{m}$ ) (Créveu *et al.*, 1997). L'effet "accessibilité" intervient donc sur la digestion des protéines de pois, mais à un degré bien moindre comparé à l'effet sur la digestion de l'amidon.

Les traitements thermomécaniques tels que l'autoclavage ou la granulation entraînent généralement une amélioration de la digestion protéique des légumineuses (Marquardt et Ward, 1979 ; Guillaume, 1978 ; Carré *et al.*, 1987, 1991 ; Lacassagne *et al.*, 1988 ; Conan et Carré, 1989). Des modifications structurales à la fois dans les protéines et les parois végétales pourraient expliquer ces effets.

Malgré cette récente avancée représentée par la démonstration de l'effet "accessibilité", ce dernier point semble n'être qu'un élément parmi tous les facteurs explicatifs de la digestibilité des protéines de légumineuse. D'autres recherches sont nécessaires pour éclairer chaque facteur potentiel et leurs interactions.

## 2. L'énergie métabolisable

L'EM d'une matière première peut être déduite de

sa composition en appliquant des équations de prédiction obtenues à partir de régimes complets, sachant que ces équations ne sont vraies que lorsque les digestibilités se situent à un niveau normal. Ces valeurs prédites peuvent être appelées "EM potentielles" (Tableau 1).

Pour ce qui concerne les graines de légumineuse amylacées (pois et féveroles) non granulées, les EM potentielles sont largement supérieures aux expérimentales (Tableaux 1 et 3). Après granulation, les EM expérimentales remontent jusqu'à leurs valeurs potentielles (Tableaux 1 et 3). Il a pu être montré que la variation de la digestion de l'amidon expliquait l'essentiel de l'effet de la granulation sur l'EM : la digestion de l'amidon des légumineuses est inférieure à la normale avec un simple broyage de type industriel ; cette digestion devient proche de la normale après granulation (Carré *et al.* 1987, 1991 ; Lacassagne *et al.*, 1988, 1991). Ce problème de digestion de l'amidon est dû à la fois à la résistance des grains d'amidon de légumineuse (Yutste *et al.*, 1991) et à un problème d'accessibilité dans les grosses particules (Carré *et al.*, 1991 ; Lacassagne *et al.*, 1991).

Pour les lupins, les EM expérimentales semblent relativement proches des valeurs potentielles (Tableaux 1 et 4), ce qui tend à montrer que les lupins ne présentent pas de problèmes majeurs de digestibilité. Parmi les légumineuses considérées dans cette revue, les lupins présentent les plus faibles EM, ce qui n'est pas surprenant étant donné qu'ils contiennent les plus fortes quantités de parois végétales (PAR) (Tableau 1), constituant indigestible chez le poulet (Carré et Leclercq, 1985 ; Carré *et al.*, 1990 ; Carré *et al.* 1995b). Un moyen pratique d'améliorer les EM des lupins est de séparer leur cuticule, source de la moitié des parois de la graine entière (Tableau 1). Le dépelliculage des graines de lupin peut en améliorer l'EM d'environ 20 % (Brenes *et al.* 1993).

### 3. Les glucides non amylacés

Une des originalités marquante des graines de légumineuse par rapport aux céréales est relative aux glucides non amylacés. Ces derniers constituants méritent donc d'être tout particulièrement considérés. Les graines de légumineuse présentent des teneurs en  $\alpha$ -galactosides beaucoup plus élevées que les céréales (Tableau 1). Malgré l'impossibilité, pour ces oligosides, d'être digérés par les enzymes endogènes (Carré *et al.*, 1994a), leur digestibilité, d'origine fermentaire, n'en est pas moins élevée chez le poulet (Carré *et al.*, 1995a, b), avec toutefois des niveaux de digestion plus faibles chez le jeune que chez l'adulte (Carré *et al.*, 1995b). Sur la base des études testant le lactose comme oligoside fermentescible modèle, on peut estimer que l'augmentation de leur teneur alimentaire au delà de 3 % s'accompagne d'une diminution de leur digestibilité chez le jeune (Carré *et al.* 1995a). On peut tirer de ces deux études (Carré *et al.*, 1995a, b) que les  $\alpha$ -galactosides sont effectivement

disponibles à l'animal et que leurs effets secondaires sont assez faibles tant que leurs teneurs alimentaires se situent en deça de 3 %. On a estimé que leur efficacité d'utilisation à des fins de croissance représentait environ 50% de celle du glucose (Carré *et al.*, 1995b).

L'originalité des polysaccharides non amylacés (PNA) des graines de légumineuse est d'être représenté par une part importante de substances pectiques (Brillouet et Carré, 1983 ; Carré *et al.*, 1985). Une très large fraction de ces substances pectiques est insoluble dans l'eau (Brillouet et Carré, 1983 ; Carré *et al.*, 1985), ce qui explique que les teneurs en fibre ou détergent neutre (NDF) soient inférieures aux teneurs en parois végétales hydro-insolubles (PAR) dans le cas des graines de légumineuses (Carré et Brillouet, 1986) et tout particulièrement dans le cas des lupins (Tableau 1). Les lupins contiennent en effet de fortes quantités de substances pectiques insolubles qui sont, pour une grande part, représentées par des galactanes linéaires à liaison (1 $\rightarrow$ 4) reliés aux chaînes principales rhamnogalacturoniques des parois cotylédonaire (Carré *et al.*, 1985). La présence de ces substances pectiques est probablement à l'origine des fortes capacités de rétention d'eau observées pour les parois des graines de légumineuses, comparativement à celles des céréales (Carré *et al.*, 1995c). Ces fortes capacités de rétention d'eau pourraient affecter les propriétés physiques des excréta (Carré *et al.*, 1995c), et donc celles des litières.

Les proportions de PNA hydro-solubles dans les PNA totaux des graines de légumineuse sont normales (5-10%, Tableau 1). Les viscosités utiles potentielles des pois et féveroles sont plus faibles que les plus faibles valeurs observées chez les blés (Carré *et al.*, 1994b). Les viscosités des lupins n'ont pas été mesurées. Cependant, compte tenu de leurs plus fortes teneurs en PNA hydrosolubles (Tableau 1), on peut s'attendre pour les lupins à des viscosités plus élevées probablement proches de celles des blés. L'effet positif des enzymes sur les performances de croissance de poulets nourris avec des régimes très riches en lupin (Brenes *et al.*, 1993) provient probablement d'un problème de viscosité. Cependant, avec une plus faible introduction (30%) du lupin, on n'observe pas d'effet significatif de l'addition d'enzyme sur les performances de croissance (Annison *et al.*, 1996).

### 4. Divers

Les concentrations moyennes du phosphore dans les graines de pois, féverole et lupin blanc sont de 4,2, 6,0, et 4,0 g/kg, dont 50 % proviennent de l'acide phytique (Sauveur, 1989). Les activités phytasiques sont probablement très faibles dans les graines de légumineuse si l'on s'en réfère au pois qui présente une activité similaire à celle du maïs (Pointillart, 1994). Les disponibilités moyennes du phosphore des pois, féverole et lupin blanc sont de 35, 25 et 20 % (Sauveur, 1989).

Le remplacement du tourteau de soja par du lupin

blanc demande un ajustement adapté des niveaux d'acide folique et biotine, probablement du fait d'une déficience en ces vitamines dans le lupin blanc (Lacassagne, 1982).

La vicine et la convicine sont des facteurs antinutritionnels qui méritent d'être mentionnés. En effet, ces molécules sont responsables de l'effet dépressif de la féverole sur le poids de l'oeuf (Olaboro *et al.*, 1981a, b). Ainsi, le niveau d'introduction de la féverole doit se limiter à 7 % des régimes pour pondeuses pour éviter cet effet (Lacassagne, 1988). Cependant, l'obtention de féveroles sans vicine et convicine (Duc *et al.*, 1989) devrait permettre de relancer l'intérêt de l'introduction de la féverole dans les régimes pour poules pondeuses.

## Références

- Aman P. 1979. *J. Sci. Food Agric.*, 30, 869-875.
- Annisson G., Hughes R.J., Choct M., 1996. *Brit. Poult. Sci.*, 37, 157-172.
- Askbrant S.U.S., 1988. *Brit. Poult. Sci.*, 29, 445-455.
- Baudet J., Mosse J., 1980. In: "*Vicia faba: feeding value, processing and viruses*", pp. 67-82 D.A. Bond Ed. Martinus Nijhoff publishers, The Hague, Boston, London.
- Brenes A. Marquardt R.R., Guenter W., Rotter B.A. 1993. *Poult. Sci.*, 72, 2281-2293.
- Brillouet J.M. Carre B. 1983. *Phytochemistry*, 22, 841-847.
- Brillouet J.M. Riochet D. 1983. *J. Sci. Food Agric.*, 34, 861-868.
- Brillouet J.M., Rouau X., Hoebler C., Barry J.L., Carre, B. Lorta E. 1988. *J. Agric. Food Chem.*, 36, 969-979.
- Carre B., 1990. In: "Feedstuff evaluation". Wiseman J. and Cole. D.J.A. Eds. pp. 283-300. Butterworths, London.
- Carre B., Brillouet J.M. 1986. *J. Sci. Food Agric.*, 37, 341-351.
- Carre B., Brillouet J.M., 1989. *J. Ass. Official Analyt. Chem.*, 72, 463-467.
- Carre B., Conan L., 1989. In: "Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds". Huisman, J., Van der Poel, T.F.B., Liener, I.E. Eds. pp. 103-106. Pudoc, Wageningen, Netherlands.
- Carre B., Leclercq B., 1985. *Brit. J. Nutr.*, 54, 669-680.
- Carre B., Rozo E., 1990. *INRA Prod. Anim.*, 3, 163-169.
- Carre B., Brillouet J.M. Thibault J.F., 1985. *J. Agric. Food Chem.*, 33, 285-292.
- Carre B., Escartin R., Melcion J.P., Champ M., Roux G., Leclercq B., 1987. *Brit. Poult. Sci.*, 28, 219-229.
- Carre B., Derouet L., Leclercq B., 1990. *Poult. Sci.*, 69, 623-633.
- Carre B., Beaufiles E., Melcion J.P. 1991. *J. Agric. Food Chem.*, 39, 468-472.
- Carre B., Bree A., Gomez J., 1994a. *Reprod., Nutr., Develop.*, 34, 617.
- Carre B., Gomez J., Melcion J.P., Giboulot B., 1994b. *INRA Prod. Anim.*, 7, 369-379.
- Carre B., Flores M.P., GOMEZ J., 1995a. *Poult. Sci.*, 74, 1810-1819.
- Carre B., Gomez J., Chagneau A.M., 1995b. *Brit. Poult. Sci.*, 36, 611-629.
- Carre B., de Monredon F., Melcion J.P., Gomez J., 1995c. *INRA Prod. Anim.*, 8, 331-334.
- Cerning-Beroard, J., Filiatre A., 1976. *Cereal Chem.*, 53, 968-978.
- Champ M., Brillouet J.M., Rouau X., 1986. *J. Agric. Food Chem.*, 34, 326-329.
- Conan L., Carre B., 1989. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 26, 337-345.
- Conan L., Barrier-Guillot B., Widie, J.L., Lucbert J., 1992. In: "Proceedings of the 1<sup>st</sup> European Conference on Grain Legumes". pp. 479-480. Association Européenne des Protéagineux, Paris.
- Créveur I., Carré B., Chagneau A.M., Gueguen J., Melcion J.P., 1997. *J. Sci. Food Agric.* Sous presse.
- Duc G., Sixdenier G., Lila M., Furstoss V., 1989. In: "Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds", Huisman, J., Van der Poel, T.F.B. and Liener, I.E. Eds. pp. 305-313. Pudoc, Wageningen, Netherlands.
- Evans A.J., Cheung P.C.K., 1993. *J. Sci. Food Agric.*, 61, 189-194.
- Farrell D.J., 1981. *World's Poult. Sci. J.*, 37, 72-83.
- Farrell D.J., 1983. Feeding standards for Australian livestock-Poultry. SCA Technical Report Series, n° 12. CSIRO, Canberra.
- Fisher C., McNab J.M., 1987. In: "Recent advances in animal nutrition-1987". Haresign, W. and Cole D.J.A., Eds. pp. 3-18. Butterworths, London.
- Fleming S.E., 1981. *J. Food Sci.* 46, 794-798.
- Garlich J.D. Nesheim M.C., 1966. *J. Nutr.*, 88, 100-110.
- Guillaume J. 1978. *Arch. Geflueg.*, 42, 179-182.
- Guillaume J. Gomez J. 1977. *Ann. Biol. Anim., Bioch., Biophys.*, 17, 549-552.
- Hove E.L. 1974. *J. Sci. Food Agric.* 25, 851-859.
- Huyghebaert G., Fontaine G., de Groote G., 1979. *Rev. Agric.*, 32, 759-776.
- INRA (1984). L'alimentation des animaux monogastriques, J.C. Blum, Ed. INRA, Paris.
- Karunajeewa H, Bartlett B.E., 1985. *Nutr. Rep. Int.* 31, 53-58.
- Lacassagne L., 1982. In: "Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Lupin Conference". Bellido, L.L. Ed. pp. 291-294. International Lupin Association. Publicaciones Agrarias, Madrid.
- Lacassagne L., 1988. *INRA Prod. Anim.*, 1, 47-57.
- Lacassagne L., Francesch M., Carre B., Melcion J.P., 1988. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 20, 59-68.
- Lacassagne L., Melcion J.P., de Monredon F., Carre B., 1991. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 34, 11-19.
- Larrier M., Leclercq B., 1992. Nutrition et alimentation des volailles, INRA, Paris.
- Leclercq B., 1996. *INRA Prod. Anim.*, 9, 91-101.
- Lineback D.R., Ke C.H., 1975. *Cereal Chem.*, 52, 334-347.
- Longstaff M.A., McNab J.M., 1991a. *Brit. J. Nutr.*, 65, 199-216.
- Longstaff M.A., McNab J.M., 1991b. *Brit. J. Nutr.*,

66, 139-147.  
 Marquardt R.R., Ward A.T., 1979. *Can. J. Anim. Sci.*, 59, 781-789.  
 Marquardt R.R., Ward A.T., Campbell L.D., Cansfield P.E., 1977. *J. Nutr.*, 107, 1313-1324.  
 Mosse J., Huet J.C., Baudet J., 1987a. *Sci. Aliments*, 7, 301-324.  
 Mosse J., Huet J.C., Baudet J., 1987b. *Phytochemistry*, 26, 2453-2458.  
 Naivikul O., D'Appolonia B.L., 1978. *Cereal Chem.*, 55, 913-918.  
 Olaboro G., Marquardt R.R., Campbell L.D., 1981a. *J. Sci. Food Agric.*, 32, 1074-1080.  
 Olaboro G., Marquardt R.R., Campbell L.D., Fröhlich 1981b). *J. Sci. Food Agric.*, 32, 1163-1171.  
 P.E.A. Programme, (1996). Main databases of the P.E.A. Programme. Report P.E.A. Workshop, Nantes, 7-8 November 1995. ECLAIR, proposal 73. Contract AGRE CT 90 004 8 (European Union). UNIP, Paris.  
 Pointillart A., 1994. *INRA Prod. Anim.*, 7, 29-39.  
 Quemener B., Brillouet J.M., 1983. *Phytochemistry*, 22, 1745-1751.  
 Sauveur B. 1989. *INRA Prod. Anim.*, 2, 343-351.  
 Schweizer T.F., Horman I., Würsch P., 1978. *J. Sci. Food Agric.*, 29, 148-154.  
 Shanon D.W.F., Clandinin D.R., 1977. *Can. J. Anim. Sci.*, 57, 499-507.  
 Singh U., 1984. *Nutr. Rep. Int.*, 29, 419-426.  
 Singh U., Jambunathan R., 1981. *J. Food Sci*, 46, 1364-1367.  
 Singh U., Subrahmanyam N., Kumar J., 1991. *J. Sci. Food Agric.*, 55, 37-46.  
 Sosulski F.W., Elkowicz L., Reichert R.D., 1982. *J. Food Sci*, 47, 498-502.  
 Totsuka K., Tajima M., Saito T., Shoji K., 1977. *Japanese Poult. Sci.*, 14, 109-114.  
 Valdebouze P., Bergeron E., Gaborit T., Delort-Laval J., 1980. *Can. J. Plant Sci.*, 60, 695-701.  
 Vose J.R., Basterrechea M.J., Gorin P.A.J., Finlayson A.J., Youngs C.G., 1976. *Cereal Chem.*, 53, 928-936.  
 Yule W.J., McBride R.L., 1976. *Brit. Poult. Sci.*, 17, 231-239.  
 Yutste P., Longstaff M.A., McNab J.M., McCorquodale C., 1991. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 35, 289-300.

**TABLEAU 1.** Composition (%) des graines de légumineuses et calculs de leur énergie métabolisable potentielle (sur matière sèche).

|                                                 | Pois | Féverole | Lupin blanc | Lupin bleu | Pois chiche |      |
|-------------------------------------------------|------|----------|-------------|------------|-------------|------|
|                                                 |      |          |             |            | Kabuli      | Desi |
| Cuticule                                        | 10.0 | 13.5     | 20.0        | 24.8       | 7.0         | 16.0 |
| Protéines brutes (Nx6.25)                       | 23.7 | 30.3     | 40.0        | 33.0       | 24.3        | 24.9 |
| Amidon                                          | 48.2 | 41.8     | < 1         | < 1        | 43.6        | 36.3 |
| Lipides                                         | 2.1  | 1.9      | 10.0        | 6.8        | 5.0         | 3.5  |
| Saccharose                                      | 2.3  | 1.8      | 1.8         | 3.1        | 2.5         | 2.5  |
| α-galactosides                                  | 4.8  | 3.1      | 8.0         | 6.3        | 5.0         | 5.0  |
| PAR <sup>1</sup>                                | 14.9 | 18.5     | 34.0        | 42.0       | 13.5        | 22.0 |
| NDF <sup>2</sup>                                | 14.0 | 17.0     | 20.0        | 20.3       | 9.0         | 20.0 |
| Cellulose brute                                 | 7.2  | 9.0      | 12.5        | 15.0       | 4.0         | 11.0 |
| PNA hydrosolubles                               | 0.7  | 0.9      | 2.0         | 3.0        | 1.2         |      |
| Cendres                                         | 3.7  | 4.0      | 4.0         | 3.2        | 3.0         | 3.0  |
| Energie brute (kcal/kg)                         | 4400 | 4500     | 4900        | 4750       | 4650        | 4600 |
| EMA <sub>n</sub> potentielles adultes (kcal/kg) |      |          |             |            |             |      |
| Equation européenne <sup>3</sup>                | 3190 | 3100     | 2600        | 2070       | 3280        | 2890 |
| Equation PAR théorique <sup>4</sup>             | 3110 | 2950     | 2500        | 2140       | 3390        | 2970 |

<sup>1</sup> Parois végétales hydroinsolubles. <sup>2</sup> Neutral Detergent Fiber.  
<sup>3</sup> EMA<sub>n</sub> = 37.05 PB (%) + 81.96 Lip (%) + 39.87 Am. (%) + 31.08 sucres (%). Fisher and Mc Nab, 1987.  
<sup>4</sup> EMA<sub>n</sub> = 0.933 EB (kcal/kg) - 15.07 PB (%) - 42.82 PAR (%). Carré, 1990.

D'après INRA, 1984; P.E.A. Programme 1996; Evans and Cheung, 1993; Brillouet and Riochet, 1983; Singh, 1984; Quemener and Brillouet, 1983; Vose *et al.*, 1976; Cerning-Beroard and Filiatre, 1976; Naivikul and D'Appolonia, 1978; Aman, 1979; Fleming, 1981; Sosulski *et al.*, 1982; Schweizer *et al.*, 1978; Lineback and Ke, 1975; Brillouet *et al.*, 1988; Champ *et al.*, 1986; Carré and Rozo, 1990; Carré *et al.*, 1985, 1987, 1991, 1995; Conan and Carré, 1989; Lacassagne *et al.*, 1988, 1991; Carré and Brillouet, 1986, 1989; Carré, 1984 non publié.

TABLEAU 2. Composition en acides aminés essentiels (% des protéines brutes) des graines de légumineuses<sup>1</sup>

|                          | Besoin (démarrage)           |                               | Graines de légumineuses |               |                |               |                       |      |
|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------|----------------|---------------|-----------------------|------|
|                          | Protéine idéale <sup>2</sup> | Protéine normale <sup>2</sup> | Pois                    | Féve-<br>role | Lupin<br>blanc | Lupin<br>bleu | Pois chiche<br>Kabuli | Desi |
| Lysine                   | 6.6                          | 5.2                           | 7.5                     | 6.6           | 4.8            | 4.8           | 6.8                   | 6.7  |
| Tryptophane              | 1.2                          | 0.9                           | 0.8                     | 0.8           | 0.7            | 0.8           | 1.0                   | 0.9  |
| Acides aminés soufrés    | 5.6                          | 3.9                           | 2.6                     | 2.1           | 2.3            | 2.3           | 2.8                   | 2.7  |
| Arginine                 | 7.3                          | 5.8                           | 9.2                     | 9.0           | 11.1           | 10.5          | 9.7                   | 9.4  |
| Histidine                | 2.6                          | 2.1                           | 2.4                     | 2.5           | 2.2            | 2.5           | 2.3                   | 2.4  |
| Isoleucine               | 4.8                          | 3.8                           | 4.5                     | 4.5           | 4.6            | 4.3           | 4.3                   | 4.3  |
| Leucine                  | 8.3                          | 6.5                           | 7.2                     | 7.2           | 7.2            | 7.2           | 7.2                   | 7.2  |
| Phénylalanine + tyrosine | 8.7                          | 6.8                           | 8.4                     | 7.4           | 8.5            | 8.0           | 8.6                   | 8.5  |
| Threonine                | 4.6                          | 3.8                           | 3.9                     | 3.6           | 3.7            | 3.4           | 3.7                   | 3.7  |
| Valine                   | 5.2                          | 4.8                           | 5.0                     | 4.9           | 4.3            | 4.3           | 4.3                   | 4.4  |

<sup>1</sup> D'après Mossé *et al.* (1987a,b), Baudet and Mossé (1980), Singh *et al.* (1991), P.E.A. Programme 1996, Yule and Mc Bride (1976), Hove (1974).

<sup>2</sup> Protéine idéale pour une faible teneur protéique (17 %); Protéine normale pour une forte teneur protéique (22%). D'après Leclercq (1996) et Larbier and Leclercq (1992)

TABLEAU 3. EMA<sub>n</sub> (kcal/kg MS) des pois et féverole (moyenne ± E.T.)

|                                  |                   | Adultes               |              | Jeunes (3 semaines)        |             |
|----------------------------------|-------------------|-----------------------|--------------|----------------------------|-------------|
|                                  |                   | Farine                | Granulé      | Farine                     | Granulé     |
| POIS                             |                   |                       |              |                            |             |
| Huyghebaert <i>et al.</i> , 1979 | (oT) <sup>1</sup> | 3102 (1) <sup>2</sup> | 3210 (1)     |                            |             |
| Farrell, 1983                    |                   |                       | 3210±179 (3) |                            |             |
| Carré <i>et al.</i> , 1987       | (oT)              | 2978 (1)              | 3084 (1)     |                            |             |
| Askbrant, 1988                   | (oT)              | 2920 (1)              |              |                            |             |
| Conan and Carré, 1989            | (oT)              |                       |              | 2487±187 (4)               |             |
| Carré <i>et al.</i> , 1991       | (oT)              | 2757±83 (2)           | 3011±86 (2)  | 2682±118 (2)               | 3007±17 (2) |
| Conan <i>et al.</i> , 1992       | (oT)              | 2807±12 (2)           | 3191±24 (2)  |                            |             |
| P.E.A. Programme, 1996           | (oT)              | 2861±111 (32)         | 3153±67 (15) | 2603±79 (4)                | 2913±69 (8) |
|                                  | (T) <sup>1</sup>  | 2713±166 (12)         | 3040±82 (5)  |                            |             |
| FÉVEROLE                         |                   |                       |              |                            |             |
| Shanon and Clandinin, 1977       | (T)               |                       |              | 2484 (1)                   |             |
| Huyghebaert <i>et al.</i> , 1979 | (T)               | 2816 (1)              | 3038 (1)     |                            |             |
| Lacassagne <i>et al.</i> , 1988  | (T)               |                       |              | 2505±57 (2)                | 2760±3 (2)  |
|                                  | (oT)              |                       |              | 2433 (1)                   | 2850 (1)    |
| Lacassagne <i>et al.</i> , 1991  | (T)               |                       |              | 2285/2962 <sup>3</sup> (1) |             |
|                                  | (oT)              |                       |              | 2200/2700 (1)              |             |
| P.E.A. Programme, 1996           | (T)               | 2702±108 (7)          | 2844±65 (3)  |                            |             |
|                                  | (oT)              | 2894±118 (5)          | 3059±138 (3) |                            |             |

<sup>1</sup> oT: graines sans tannin; T: graines avec tannin. <sup>2</sup> Nombre d'échantillon. <sup>3</sup> Broyage fin.

TABLEAU 4. EMA<sub>n</sub> (kcal/kg MS) des lupins et pois chiche en farine, chez le coq adulte

|                                         | Lupin blanc              | Lupin bleu        | Pois chiche    |
|-----------------------------------------|--------------------------|-------------------|----------------|
| Farrell, 1981                           |                          |                   | 3220 (granulé) |
| Farrell, 1983                           |                          | 2360 (3)(granulé) |                |
| INRA, 1984                              | 2776                     |                   |                |
| Carré and Lacassagne, 1984 <sup>2</sup> | 2470±89 (4) <sup>1</sup> |                   |                |
| Karunajeewa and Bartlett, 1985          | 2340                     |                   |                |
| P.E.A. Programme 1996                   | 2739                     | 2172              | 2897±360 (2)   |

<sup>1</sup> Ecart type et nombre d'échantillon. <sup>2</sup> Non publié.