



Valeur alimentaire pour la volaille de féveroles isogéniques (*Vicia faba* L) avec ou sans tannins et avec ou sans vicine

F. Grosjean⁽¹⁾, A. Bourdillon⁽²⁾, F. Rudeaux⁽²⁾, D. Bastianelli⁽³⁾, C. Peyronnet⁽³⁾, G. Duc⁽⁴⁾ et L. Lacassagne⁽⁵⁾

(1) Institut Technique des Céréales et Fourrages, 8 avenue du Président Wilson, 75116 Paris, France

(2) Sanders, BP 32, 17 Quai de l'industrie, 91201 Athis Mons cedex, France

(3) Union Nationale Interprofessionnelle des Plantes riches en Protéines, 12 avenue George V, 75008 Paris, France

(4) INRA-Station d'amélioration des Plantes, BV 1540, 21034 Dijon cedex, France

(5) INRA-Station de recherches Avicoles, 37380 Nouzilly, France

RESUME

Un essai de digestibilité chez le coq d'aliments comportant 50% de féverole et présentés en farine et en granulés, et un essai chez la poule pondeuse ont été conduits pour déterminer l'effet de la suppression des tannins ou de la vicine et de la convicine dans la féverole par voie génétique. Ces essais ont comparé différents lots de féveroles dont certains étaient presque isogéniques.

Chez le coq nourri avec des aliments en farine, la digestibilité des protéines et la teneur en énergie métabolisable apparente (EMA) ont été supérieures dans les lots de féverole sans tannins comparativement aux lots contenant des tannins (83,6 contre 71,6 % et 2 860 contre 2 703 kcal/kg MS) mais la différence sur l'EMA n'était pas significative. La granulation des aliments a amélioré la digestibilité de la protéine et celle de l'EMA des féveroles sans abolir les différences entre les deux groupes de féveroles.

Dans l'essai de ponte, l'aliment contenant 15 % de féverole sans vicine ni convicine a augmenté la masse d'œufs et le poids moyen des œufs comparativement à l'aliment contenant 15 % de féverole ayant de la vicine et de la convicine. De plus, il a permis la même masse d'œufs que l'aliment témoin sans féverole, mais avec un poids moyen de l'œuf inférieur.

SUMMARY

Feeding value for poultry of isogenic fababeans (*Vicia faba* L) involving zero-tannin and zero-vicine genes

A digestibility trial with cockerels fed meal or pelleted diets containing 50% fababean and a trial measuring performances of laying hens were carried out, in order to determine the effect of removing tannins or vicine and convicine in faba bean by breeding. These trials compared feeding value of different faba bean batches and including near-isogenic batches.

In cockerels fed with meal diets, protein digestibility and apparent metabolizable energy (AME) were higher in tannin-free batches than in tannin-containing batches (83.6 v. 71.6 % and 2860 v. 2703 kcal/kg DM), but the difference of AME was not significant.

Pelleting diets improved protein digestibility and AME of fababeans but maintained differences between the two groups of fababeans.

In the laying hen trial, the diet containing 15% vicine- and convicine-free fababean improved the egg mass and the egg weight comparatively to the diet containing 15% vicine- and convicine- containing faba bean. Moreover it allowed a egg mass as high as the control diet without fababean but with a lower egg weigh.

1. Introduction

L'utilisation de la féverole dans l'alimentation des volailles fait l'objet d'études nutritionnelles

depuis de nombreuses années et ces études concluent à une utilisation limitée de cette légumineuse en raison des facteurs antinutritionnels qu'elle contient. Les principaux facteurs antinutritionnels

sont des tannins, suspectés de réduire la digestibilité des protéines et parfois de l'énergie des aliments contenant de la féverole à la suite d'essais comparant de petits nombres de lots avec ou

sans tannins (Longstaff et McNab, 1991 ; Grosjean *et al.*, 1995) ou après addition de tannins de féverole à un aliment (Ortiz *et al.*, 1993). Les autres facteurs antinutritionnels sont la vicine et la convicine à qui l'on attribue chez la poule pondeuse une sérieuse diminution du poids des œufs et une légère réduction du nombre d'œufs à la suite d'essais testant l'addition d'extraits de féverole à un régime témoin (Olaboro *et al.*, 1981a,b; Muduuli *et al.*, 1981, 1982). Cependant, on peut s'interroger sur la pertinence des méthodes d'investigation de l'effet des facteurs antinutritionnels. Les comparaisons de lots de variétés avec ou sans tannins ne portaient pas que sur des différences de teneurs en tannins mais aussi sur toutes les différences de composition chimique des lots. Par ailleurs, dans les essais d'addition d'extraits de féverole à un régime témoin, les extraits peuvent être différents de ce qu'ils sont *in situ*. Ces critiques peuvent expliquer des différences de réponse observées d'un essai à un autre. C'est pourquoi nous avons pensé à une autre voie pour mesurer l'effet des facteurs antinutritionnels, au travers de la comparaison de génotypes presque isogéniques c'est à dire ne différant entre eux que par très peu de gènes. En l'occurrence, les gènes concernés sont deux gènes (*zt1* et *zt2*) induisant l'absence de tannins, et le gène *vc⁻* faisant diminuer la quantité de vicine et de convicine.

La comparaison de variétés presque isogéniques contenant ou non des tannins ($[T^{+}] / [T^{-}]$) dans des essais d'alimentation de volaille a déjà été entreprise par Wareham *et al.* (1993) mais les cultivars sans tannins utilisés contenaient probablement le gène *zt1* et pas le gène *zt2* qui peut conduire à des effets différents comme le suggèrent les données de composition chimique de Duc *et al.* (1999). Par ailleurs, la comparaison de lignées presque isogéniques à forte ou faible teneur en vicine/convicine ($[V^{+}] / [V^{-}]$) n'a jamais été entreprise à notre connaissance. Ces raisons nous ont incité à comparer des génotypes presque isogéniques de

féverole contenant les gènes *zt1*, *zt2* et *vc⁻*. Nous avons ajouté à cette comparaison des lots de féverole supplémentaires non isogéniques comme lots témoins.

2. Matériel et méthodes

■ 2.1. Origine et composition du matériel végétal

Nous avons étudié 12 lots de féverole. L'origine génétique de ces lots est présentée au tableau 1. Ces 12 lots représentaient 6 lots de printemps et 6 lots d'hiver qui ont été sélectionnés pour représenter une diversité de composition chimique. Les deux groupes ont été multipliés respectivement par les Etablissements Blondeau (Bersée, France) en 1991 et par l'INRA (Rennes, France) en 1992. Parmi ces lots, 4 lots 'EB' représentaient un quadruplet de génotypes presque isogéniques (avec ou sans tannins, et avec ou sans vicine convicine) développés par l'INRA (Dijon, France) avec les gènes *zt1* et *vc⁻*. Deux autres couples de lots presque isogéniques quant à leur teneur en tannins contrôlée par le gène *zt1* ('E302' et 'Fabiola') étaient originaires de l'INRA (Rennes, France). Parmi les autres lots sans tannins, 'Glacier' contenait le gène *zt1* et 'EE' le gène *zt2*.

Les critères de composition chimique des lots retenus figurent au tableau 1. Les méthodes d'analyse utilisées ont été celles décrites par Bastianelli *et al.* (1998) dans une étude concernant le pois et ont été complétées pour la vicine et la convicine par la méthode de Duc *et al.* (1999).

■ 2.2. Essai de digestibilité sur coqs

L'essai a été réalisé à la station expérimentale de Sanders à Sourches.

Deux régimes témoins étaient composés de 96 % de maïs et de 4 % d'un mélange minéraux/vitamines (un était en farine et l'autre en granulés). Les régimes expérimentaux étaient composés de 46 % de maïs, 50 % de féverole et de 4 % d'un mélange minéraux/

vitamines. Les matières premières étaient broyées individuellement dans un broyeur à marteaux tournant à 3 000 tours par minute et équipé d'une grille de 3 mm avant d'être mélangées. Certains aliments ont été distribués à la fois en farine et en granulés après passage dans une presse sans adjonction de vapeur.

Les animaux utilisés étaient des coqs adultes de la souche commerciale Isabrown, à raison de neuf animaux par régime. Les animaux ont été accoutumés à leur aliment expérimental pendant une période d'adaptation de 3 jours pendant laquelle ils étaient nourris à volonté. Puis ils étaient mis à jeun pendant 24 h, nourris à volonté pendant 48 h et remis à jeun pendant 24 h. Les excréta ont été collectés (après élimination des plumes) pendant les trois derniers jours c'est-à-dire pendant les deux derniers jours d'alimentation et pendant le dernier jour de jeune. La consommation des animaux a été enregistrée. A la fin de chaque période de collecte, les excréta provenant d'un animal ont été poolés et congelés.

Les matières premières, les aliments et les excréta ont été analysés en double avec les méthodes décrites par Bastianelli *et al.* (1998). Par ailleurs, la teneur en protéines des fèces a été déterminée par la méthode de Terpstra et de Hart (1974), et les dosages d'amidon ont été réalisés par la méthode utilisant la DMSO-amyloglucosidase. L'énergie brute des féveroles, des aliments et des excréta a été déterminée en triple dans une bombe calorimétrique adiabatique.

L'énergie métabolisable apparente (EMA), la digestibilité des protéines et la digestibilité de l'amidon des féveroles ont été déterminées par différence en prenant en compte les valeurs des aliments et des excréta.

■ 2.3. Essai poules pondeuses

L'essai a été réalisé à la station expérimentale de Sanders à Sourches avec des aliments en farine.

Un régime témoin sans féverole a été comparé à trois régimes conte-

nant 15 % de féverole, soit [T⁺, V⁺], soit [T⁺, V⁻], soit [T⁻, V⁻]. Tous les régimes contenaient 30 % de blé, 4,7 % de graines de tournesol, 12 % de graines de soja extrudées, 1,0 % de farine de viande, 6,0 % de luzerne déshydratée, 0,2 % d'huile de colza, 6,5 % de carbonate de calcium, 1,3 % de phosphate dicalcique, 1,0 % d'un mélange minéraux/vitamines. Le régime témoin contenait aussi 24,65 % de maïs et 11,0 % de tourteau de soja (contre 16,8 et 2,9 % dans les régimes expérimentaux). La composition chimique des régimes était assez semblable d'un régime à un autre.

Les animaux étaient de souche commerciale Isabrown. Le nombre de poules par régime était de 300 pour le régime témoin et pour le régime contenant la féverole classique [T⁺, V⁺]. Ce nombre était de 180 pour les régimes contenant des féveroles sans tannins. Les poules étaient logées à trois par cage, et ont été suivies entre les 28^e et 34^e semaine de ponte. Elles ont été affectées à chaque régime selon leur masse d'œufs produite entre la 21^e et la 25^e semaine de ponte.

■ 2.4. Analyses

Les analyses statistiques ont été réalisées avec les procédures CORR, REG et GLM du logiciel SAS (1988). Les moyennes par régime ont été comparées avec le test de Duncan.

3. Résultats et discussion

■ 3.1. Composition des féveroles (tableau 1)

Les féveroles presque isogéniques comportant le gène *zt1* ont eu tendance à avoir une teneur en fibres plus faible et une teneur en amidon plus élevée que les féveroles contenant des tannins, mais aucun de ces effets n'était significatif ($P < 0,05$). Le génotype 'EE' comportant le gène *zt2* montrait des teneurs plus faibles en ADF, NDF et parois insolubles dans l'eau. Cette observation confirme le travail de Duc *et al.* (1999). Par

ailleurs, les féveroles contenant le gène *vc* ne semblent pas affectées dans leur composition chimique par ce gène à l'exception de la teneur en vicine et convicine.

La liaison entre teneur en tannins et teneur en fibres chez des génotypes presque isogéniques s'expliquerait par le phénomène de pléiotropie.

■ 3.2. Valeur alimentaire des féveroles dans des aliments en farine pour coqs (Tableau 2)

La présence de tannins a fortement influencé la digestibilité des protéines dans les lots de féveroles comme cela apparaît dans la comparaison entre les quatre couples de lots de féverole presque isogéniques (83,6 % chez les lots sans tannins contre 72,6 % chez les lots avec tannins), comme dans la comparaison globale des 12 lots de féveroles (83,6 % chez les lots sans tannins contre 71,6 % chez les lots avec tannins). Ces résultats confirment des travaux antérieurs de comparaisons de féveroles avec et sans tannins (Martin-Tanguy *et al.*, 1977 ; Lacassagne *et al.*, 1988 ; Lacassagne *et al.*, 1991), des travaux de comparaison de régimes comportant des téguments de féveroles avec et sans tannins (Wareham *et al.*, 1993) et sont en accord avec ce qui a été observé lors de comparaisons de pois contenant ou non des tannins (Grosjean *et al.*, 1999).

La présence de tannins a aussi influencé l'énergie métabolisable apparente des lots de féveroles, à la fois dans la comparaison entre les quatre couples de lots de féverole presque isogéniques (2 853 kcal/kg MS chez les lots sans tannins contre 2 730 kcal/kg MS chez les lots avec tannins) et dans la comparaison globale des 12 lots de féveroles (2 860 kcal/kg MS chez les lots sans tannins contre 2 703 kcal/kg MS chez les lots avec tannins). Les différences d'EMA entre groupes de féveroles étaient à la limite de la signification ($P = 0,06$), mais celles portant sur le critère EMA/EM étaient significatives. La présence de tannins peut donc être considérée

comme un facteur diminuant la valeur énergétique. Ce résultat a déjà été observé dans des travaux de comparaison de féveroles avec et sans tannins (Lacassagne *et al.*, 1988) mais pas dans tous (Lacassagne *et al.*, 1991) ; ce résultat est aussi en accord avec des comparaisons de régimes comportant des téguments de féveroles avec et sans tannins (Wareham *et al.*, 1993).

La présence de tannins dans les cultivars isogéniques n'a pas affecté la digestibilité de l'amidon. Ce résultat diffère de celui rapporté par Longstaff et McNab (1991) dans une comparaison de variétés avec ou sans tannins qui pouvait comporter d'autres facteurs de variation. L'absence de différence de digestibilité de l'amidon semble indiquer que l'EMA plus faible des cultivars avec tannins s'explique principalement par la plus faible digestibilité des protéines. Par ailleurs, il est à noter que les valeurs de digestibilité de l'amidon observées dans cet essai étaient toutes supérieures à celles observées par Lacassagne *et al.* (1988, 1991) avec des poussins de trois semaines, à même finesse de mouture (de 70,3 à 85,6 % pour les féveroles [T⁺] et de 63,8 à 75,1 % pour la féverole [T⁻] Blandine).

L'effet de la vicine et de la convicine sur la valeur énergétique et la digestibilité des protéines de la féverole (analysé au travers du quadruplet EB) n'est pas facile à définir étant donné le nombre peu élevé de génotypes sans vicine utilisés et les interactions avec la teneur en tannins. Cependant, il est à noter que le génotype ayant la plus forte EMA est sans tannins ni vicine/convicine. Il est peu probable que la vicine et la convicine influent sur la digestibilité de l'énergie de la féverole comme l'a montré un essai non publié de Lacassagne dans lequel des lots presque isogéniques [T⁺, V⁻] et [T⁺, V⁺] (de plus isogéniques du lot 662) avaient dans des aliments granulés chez le coq des valeurs d'EMA non statistiquement différentes (respectivement 2 978 et 2 971 kcal/kg MS). Aussi, l'absence d'effet de la présence ou absence de vicine et de convi-

cine sur l'EMA, la digestibilité des protéines et de l'amidon, nécessite d'être confirmée en raison du faible nombre d'échantillons testés.

Par ailleurs, dans l'ensemble, les variétés de printemps ont une EMA légèrement supérieure à celle des variétés d'hiver (2 856 contre 2 708 kcal/kg MS) mais cette différence n'était pas significative ($P>0,05$). Cependant, le fait que les variétés de printemps soient plus énergétiques que les variétés d'hiver a déjà été souligné par Newton et Hill (1983) dans leur revue bibliographique.

■ 3.3. Valeur alimentaire des féveroles dans des aliments en granulés pour coqs (Tableau 2)

Les six génotypes testés dans les aliments granulés avaient globalement la même énergie brute. La consommation des aliments a été supérieure à celle enregistrée avec les aliments présentés en farine et de plus, elle fut moins variable d'un animal à un autre ($cv = 6,1\%$ contre $18,5\%$). Il est difficile d'interpréter la plus forte consommation des aliments granulés puisque les essais granulés et farine ne furent pas concomitants.

Les féveroles sans tannins avaient en moyenne une digestibilité de leurs protéines nettement plus élevée (9,3 points) que celle observée chez les féveroles avec tannins. Ce résultat confirme les travaux de Lacassagne *et al.* (1988) et ceux de Grosjean *et al.* (1995). Ainsi, chez les féveroles comme chez les pois, la granulation ne supprime pas les effets des tannins.

Les génotypes sans tannins se révélèrent avoir une EMA légèrement plus élevée que les génotypes avec tannins (3 059 contre 2 844 kcal/kg MS). La différence d'EMA entre groupes de féveroles était à la limite de la signification ($P=0,07$) mais le rapport EMA/EB était significatif ($P=0,045$). Aussi, l'effet négatif des tannins sur l'EMA a pu être retenu, confirmant ainsi les travaux de Lacassagne *et al.* (1988). Il est à noter que le génotype 662 - seul

génotype sans vicine/convicine dans cet essai, et présentant de plus le gène *zt2* - s'est révélé le plus énergétique. Même si cette observation est isolée, elle mérite d'être soulignée car elle confirme la bonne valeur mesurée dans les aliments en farine. Elle pourrait s'expliquer par la faible teneur en fibres de ce génotype.

La digestibilité de l'amidon a été assez complète dans les aliments granulés. De ce fait, la variabilité a été assez faible et de l'ordre de la précision des mesures. Ceci explique pourquoi toutes les données n'ont pas été validées ou réalisées et pourquoi les résultats sont difficiles à interpréter. Les deux valeurs obtenues sont proches de 98 %, ce qui représente 2,5 points de plus de digestibilité que dans les aliments en farine. La valeur moyenne de digestibilité de l'amidon de 98 % est plus élevée que celle de 92,2 % observée par Lacassagne *et al.* (1988). Cette dernière pourrait s'expliquer par une mauvaise digestibilité de l'amidon de la variété Blandine testée, et les conditions de granulation moins drastiques que dans notre essai.

La granulation des aliments a eu pour effet d'augmenter l'EMA et la digestibilité des protéines des féveroles. L'augmentation d'EMA était en moyenne de 5,2 %, et était semblable pour les génotypes contenant des tannins et ceux n'en contenant pas. Cette augmentation était inférieure à celle rapportée par Lacassagne *et al.* (1988), principalement du fait que les valeurs en farine étaient plus élevées dans notre essai. Cependant, l'augmentation de l'EMA par la granulation était d'autant plus importante que la valeur énergétique du lot dans l'aliment en farine était faible. L'équation de prédiction de l'EMA des féveroles dans les aliments granulés est : $EMA_{\text{granulé}} = 0,793 EMA_{\text{farine}} + 732$ ($R^2=0,79$ $P=0,02$). Cette observation est en accord avec ce qui est observé chez les pois (Grosjean *et al.*, 1999). La digestibilité des protéines des féveroles a été augmentée en moyenne de 6,1 %. Cette valeur moyenne est à comparer à l'augmentation moyenne de 5,1 %

dans l'essai de Lacassagne *et al.* (1988) ; la différence pouvant être expliquée par les faibles valeurs trouvées dans notre essai avec les aliments en farine, mais devant être aussi relativisée par le nombre de lots analysés. Par ailleurs, la digestibilité des protéines des féveroles était plus augmentée chez les féveroles avec tannins (8,3 %) que chez les féveroles sans tannins (3,8 %), et a donc eu tendance à augmenter plus pour les lots à faible digestibilité dans les aliments en farine ($P=0,07$). Cependant, le faible nombre de lots testés limite la valeur de cette observation. Enfin, il semble que la vicine et la convicine n'interviennent pas dans l'effet de la granulation du fait de leur caractère thermostable (Olaboro *et al.*, 1981a,b).

■ 3.4. Performances des poules pondeuses nourries avec des féveroles (Tableau 3)

La consommation d'aliment a été peu différente entre les quatre régimes.

Le taux de ponte, le pourcentage d'œufs sales, le poids vif des poules et le taux de mortalité des animaux n'ont pas différé significativement entre les quatre régimes. Une telle absence d'effets de la présence de féverole sur le taux de ponte et sur le taux de mortalité a déjà été observée (Campbell *et al.*, 1980) alors que Martin-Tanguy *et al.* (1977) observaient au contraire une diminution du taux de ponte.

La masse d'œufs obtenue avec le régime contenant la féverole [T^+ , V^+] a été moindre que celle obtenue avec le régime témoin - résultat en accord avec les travaux de Davidson (1980). La masse d'œufs a été également plus faible avec la féverole [T^- , V^+]. Par contre, la masse d'œufs observée avec le régime contenant la féverole [T^- , V^-] a été augmentée relativement aux deux régimes contenant de la féverole avec vicine et convicine, au point d'être proche de celle observée avec le régime témoin.

Le poids moyen des œufs a été dépendant du régime alimentaire. Le régime contenant la féverole

avec tannins et vicine/convicine a conduit au plus petit poids, en accord avec les observations de Guillaume et Bellec (1977), de Campbell *et al.* (1980) et de Davidson (1980) et avec la synthèse de Lacassagne (1988). Les régimes contenant des féveroles sans tannins ont conduit à une augmentation du poids d'autant plus forte que le génotype était dépourvu de vicine et convicine. Cependant, même dans ce cas, le poids moyen de l'œuf a eu tendance à rester inférieur à celui permis par le régime témoin (1,4 %).

La différence d'effet des féveroles avec ou sans vicine / convicine sur le poids moyen des œufs confirme l'effet négatif de la vicine et de la convicine (Muduuli *et al.*, 1981, 1982). Cependant, cette explication ne peut être la seule puisque dans notre essai l'élimination de ces glucosides de la féverole n'a pas augmenté le poids des œufs au niveau de celui observé avec le régime témoin.

Le meilleur indice de consommation a été obtenu avec le régime témoin, et le plus mauvais avec les régimes contenant les féveroles avec vicine. Le régime contenant la féverole [T⁻, V⁻] a permis un indice de consommation proche de celui enregistré avec l'aliment témoin.

Le pourcentage d'œufs cassés a eu tendance à être moins élevé avec les régimes contenant des féveroles avec tannins. Ceci était probablement plus en relation avec le poids réduit des œufs qu'avec la composition des féveroles.

4. Conclusion

La valeur alimentaire de la féverole pour la volaille peut être améliorée par la voie génétique. Les variétés sans tannins ont une meilleure digestibilité de leurs protéines et dans une moindre mesure une meilleure énergie métabolisable que les variétés avec tannins. De plus, un génotype portant le gène zéro-tannin *zt2*, a extériorisé une énergie métabolisable apparente élevée, que ce soit dans des aliments présentés en farine ou dans les ali-

ments granulés. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que ce gène *zt2* semble associé à une plus forte réduction de la teneur en fibres des graines que le gène zéro-tannin *zt1*. Cependant cette observation est unique pour le moment et incite à retravailler le sujet, notamment en ce qui concerne une possible interaction avec l'effet du gène *vc⁻*, avant d'inciter les sélectionneurs de féverole à utiliser le gène *zt2*.

L'absence de vicine et de convicine n'a pas d'effet marqué sur la digestibilité des féveroles. Par contre, cette absence a un effet positif sur les performances de ponte, notamment sur la masse d'œufs et dans une moindre mesure sur le poids moyen des œufs.

Enfin, il convient de noter que l'amélioration de la valeur alimentaire de la féverole par voie génétique peut être complétée par une granulation appliquée aux aliments. En effet, la granulation améliore la digestibilité de l'énergie et de la protéine, et ce d'autant plus que les valeurs obtenues avec des aliments présentés en farine sont faibles. Par contre, la granulation n'est pas appropriée pour éliminer l'effet de ces facteurs anti-nutritionnels de la féverole.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme européen P.E.A. (ECLAIR Agree 0048), partiellement financé par la Commission des Communautés Européennes.

Références bibliographiques

- Bastianelli D., Grosjean F., Peyronnet C., Duparque M., Régner J.M., 1998. Feeding value of pea. 1. Chemical composition of different categories of pea. *Animal Science*, 67, 609-619.
- Campbell L.D., Olaboro G., Marquardt R.R., Waddell D., 1980. Use of faba beans in diets for laying hens. *Canadian Journal of Animal Science*, 60, 395-405.
- Davidson J., 1980. Attempts to eliminate from field beans the antinutritive factor which reduces egg production. *British Poultry Science*, 21, 299-307.
- Duc G., Marget P., Esnault R., Le Guen J., Bastianelli D., 1999. Genetic variability for feeding value of fababeans (*Vicia faba*, L.). Comparative chemical composition of isogenics involving zero-tannin and zero-vicine genes. *Journal of Agricultural Science of Cambridge*, 133, 185-196.
- Grosjean F., Barrier-Guillot B., Jondreville C., Peyronnet C., 1995. Feeding value of different cultivars of faba beans. In Proceedings of the 2nd European Conference on Grain Legumes, Copenhagen, 9-13 July 1995, AEP, Paris, p 308-309.
- Grosjean F., Barrier-Guillot B., Bastianelli D., Rudeaux F., Bourdillon A., Peyronnet C., 1999. Feeding value of three categories of pea (*Pisum sativum* L.) for poultry. *Animal Science*, 69 (3), 591-599.
- Guillaume J., Bellec R., 1977. Use of field bean in diets for laying hens. *British Poultry Sci.*, 18, 573-583.
- Lacassagne L., 1988. Alimentation des volailles : substituts au tourteau de soja. INRA Productions animales, 1, 47-57.
- Lacassagne L., Francesch M., Carré B., Melcion J.P., 1988. Utilization of Tannin-containing and Tannin-free faba beans (*Vicia faba*) by young chicks: Effects of pelleting feeds on Energy, Protein and Starch Digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 20, 59-68.
- Lacassagne L., Melcion J.P., De Montredon F., Carré B., 1991. The nutritional values of faba bean flours varying in their mean particle size in young chicken. *Animal Feed Science and Technology*, 34, 11-19.
- Longstaff M., McNab J.M., 1991. The inhibitory effects of hull polysaccharides and tannins of field beans on the digestion of amino acids, starch and lipid and on digestive enzyme activities in young chicks. *British Journal of Nutrition*, 65, 199-216.
- Martin Tanguy J., Guillaume J., Kossa, A., 1977. Condensed tannins in horse bean seeds : chemical structure and apparent effects on poultry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28, 757-765.
- Muduuli D.S., Marquardt R.R., Guenter W., 1981. Effect of dietary vicine on the productive performance of laying chickens. *Canadian Journal of Animal Science*, 61, 757-764.
- Muduuli D.S., Marquardt R.R., Guenter W., 1982. Effect of dietary vicine and vitamin E supplementation on the productive performance of growing and laying chickens. *British Journal of Nutrition*, 47, 53-60.
- Newton S.D., Hill G.D., 1983. The composition and nutritive value of field beans. *Nutrition Abstracts and Reviews* 53, 99-115.
- Olaboro G., Marquardt R.R., Campbell L.D., 1981a. Isolation of the egg weight depressing factor in fababeans. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 32, 1074-1080.
- Olaboro G., Campbell L.D., Marquardt R.R., 1981b. Influence of fababeans fractions on egg weight among laying hens fed test diets for a short time period. *Canadian Journal of Animal Science*, 61, 751-755.
- Ortiz L., Centeno C., Trevino J., 1993. Tannins in faba bean seeds : effects on the digestion of protein and amino acids in growing chicks. *Animal Feed Science and Technology*, 41, 271-278.
- SAS, 1988. User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute Inc. Cary, NC, USA. 1088 pp.
- Terpstra K., de Hart, N., 1974. The estimation of urinary nitrogen and faecal nitrogen in poultry excreta. *Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde*, 32, 306-320.
- Wareham C.N., Wiseman J., Cole D.J.A., 1993. Influence of faba beans tannins on male broiler chicks : evaluation of hulls from white- and coloured-flowered cultivars and of near-isogenic lines. *Journal of Agricultural Science of Cambridge*, 121, 427-436.

Tableau 1 : Composition chimique et énergie brute des lots de féveroles (g/kg et Kcal/MS)

Code	Génotype	Type	Protéines	Amidon	Matière grasse	Sucres	Cendres	Cellulose brute	ADF	NDF	Parois insolubles	Tannins	Vicine	Convicine	Energie brute
665	EB [T ⁻ (z1)] [V ⁺]	printemps	311	425	20	41	92	102	134	127	0,1	3,4	2,5		4428
666	EB [T ⁻ (z1)] [V ⁻]	printemps	302	441	18	42	39	94	108	167	172	0,1	0,5	0,2	4439
667	EB [T ⁺] [V ⁺]	printemps	308	434	18	36	44	91	109	174	174	6,0	3,8	2,6	4506
668	EB [T ⁺] [V ⁻]	printemps	304	420	18	36	39	91	109	173	185	5,5	0,2	0,1	4501
617	Fabiola [T ⁻ (z1)] [V ⁺]	hiver	302	419	16	40	40	93	111	177	184	0,2	10,4	1,8	4383
615	cv Fabiola [T ⁺] [V ⁺]	hiver	304	403	17	37	43	118	121	217	189	1,4	10,1	4,3	4405
629	302 [T ⁻ (z1)] [V ⁺]	hiver	305	431	21	37	40	99	114	181	184	0,1	9,6	1,7	4441
630	302 [T ⁺] [V ⁺]	hiver	322	390	22	42	42	96	128	179	188	4,5	9,7	2,3	4521
662	EE [T ⁻ (z2)] [V ⁻]	printemps	316	444	17	47	41	78	86	167	167	0,1	0,6	0,1	4455
611	cv Glacier [T ⁻ (z1)] [V ⁺]	hiver	278	437	18	54	48	88	112	192	184	0,2	10,0	2,6	4363
646	cv Robin [T ⁺] [V ⁺]	printemps	317	404	18	37	40	93	98	174	170	5,6	5,1	2,6	4444
613	cv Bourdon [T ⁺] [V ⁺]	hiver	262	427	20	38	46	98	117	207	206	8,0	9,7	2,5	4349
Lignées isogéniques sans tannins (n=4)															
		moyenne	305,0	429,0	18,8	40,0	40,0	94,5	108,8	164,8	166,8	0,1 c	6,0	1,6	4423
		écart type	4,2	9,4	2,2	2,2	0,8	3,1	5,1	21,3	27,1	0,0	4,8	1,0	27
Lignées isogéniques avec tannins (n=4)															
		moyenne	309,5	411,8	18,8	37,8	42,0	99,0	116,8	185,8	184,0	6,6 d	6,0	2,3	4483
		écart type	8,5	19,3	2,2	2,9	2,2	12,9	9,4	21,0	6,9	2,6	4,8	1,7	53
Génotypes sans tannins (n=6)															
		moyenne	302,3	432,8 e	18,3	43,5 e	41,5	90,7	105,5	169,8	169,8	0,1 a	5,8	1,5	4418
		écart type	13,1	9,6	1,9	6,1	3,3	7,2	10,4	19,8	22,1	0,0	4,8	1,1	37
Génotypes avec tannins (n=6)															
		moyenne	302,8 a	413,0 f	18,8	37,7 f	42,3	97,8	113,7	187,3	185,3	6,7 b	6,4	2,4	4454
		écart type	21,3	16,7	1,8	2,3	2,6	10,3	10,6	19,5	12,7	2,2	4,1	1,3	68

Les lettres a et b, c et d, e et f d'une même colonne correspondent à des différences significatives à P<0,001, P<0,01 et P<0,05

Tableau 2 : Résultats de digestibilité des féveroles chez les coqs nourris avec des aliments présentés en farine et des aliments en granulés.

Code	Génotype	ALIMENTS EN FARINE				ALIMENTS GRANULÉS			
		EMA (kcal/kg MS)	EMA/EB (%)	Digestibilité des protéines (%)	Digestibilité de l'amidon (%)	EMA (kcal/kg MS)	EMA/EB (%)	Digestibilité des protéines (%)	Digestibilité de l'amidon (%)
665	EB [T ⁻ (zt1)] [V ⁺]	2831	63,9	83,9	95,8	-	-	-	-
666	EB [T ⁻ (zt1)] [V ⁻]	2922	65,8	81,7	93,3	-	-	-	-
667	EB [T ⁺] [V ⁺]	2794	62,0	74,0	95,2	2889	65,0	74,7	97,2
668	EB [T ⁺] [V ⁻]	2793	62,1	73,4	93,7	-	-	-	-
617	Fabiola [T ⁻ (zt1)] [V ⁺]	2737	62,4	84,4	92,6	2978	67,6	87,7	-
615	cv Fabiola [T ⁺] [V ⁺]	2544	57,8	71,3	91,7	2769	63,1	78,5	-
629	302 [T ⁻ (zt1)] [V ⁺]	2922	65,8	84,3	92,3	2981	67,0	87,2	-
630	302 [T ⁺] [V ⁺]	2788	61,7	71,6	93,2	2873	63,9	81,6	-
662	EE [T ⁻ (zt2)] [V ⁻]	3056	68,6	84,4	95,7	3219	71,9	87,9	98,8
611	cv Glacier [T ⁻ (zt1)] [V ⁺]	2692	61,7	83,0	91,8	-	-	-	-
646	cv Robin [T ⁺] [V ⁺]	2737	61,6	71,0	91,8	-	-	-	-
613	cv Bourdon [T ⁺] [V ⁺]	2563	58,9	68,4	90,5	-	-	-	-
Lignées isogéniques sans tannins (n=4)									
	moyenne	2853 A	64,5 A	83,6 A	93,5				
	écart type	77	1,7	1,3	1,6				
Lignées isogéniques avec tannins (n=4)									
	moyenne	2730 B	60,9 B	72,6 B	93,5				
	écart type	107	2,1	1,3	1,4				
Génotypes sans tannins (n=6)									
	moyenne	2860	64,7 a	83,6 a	93,6	3059	68,8 a	87,6 a	-
	écart type	123	2,5	1,1	1,7	113	2,7	0,4	-
Génotypes avec tannins (n=6)									
	moyenne	2703	60,7 b	71,6 b	92,7	2844	64,0 b	78,3 b	-
	écart type	108	1,9	2,0	1,7	53	1,0	3,5	-

Les lettres a, b, A et B d'une même colonne correspondent à des différences significatives à P<0,05

Tableau 3 : Performances des poules pondeuses

Régime	Taux de ponte (%)	Poids moyen de l'oeuf (g)	Masse d'oeufs (g/jour)	Ingéré (g/jour/poule)	Indice de consommation	Oeufs sales (%)	Mortalité (%)
régime témoin	95,7	63,4 a	60,6 a	117,1 b	1,94 c	5,0	0,0
régime avec 15% de féverole 665 [T ⁻] [V ⁺]	95,7	61,2 c	58,6 b	118,4 a	2,03 a	3,7	0,0
régime avec 15% de féverole 666 [T ⁻] [V ⁻]	96,2	62,5 b	60,1 a	117,3 b	1,98 bc	4,5	0,2
régime avec 15% de féverole 667 [T ⁺] [V ⁺]	95,2	60,9 c	58,0 b	116,8 b	2,02 ab	4,3	1,0
écart type résiduel	7,6	3,0	5,4	7,7	0,285		

Les lettres a, b et c d'une même colonne correspondent à des différences significatives à P<0,05