



HAL
open science

Alimentation des volailles : substituts au tourteau de soja

L. Lacassagne

► **To cite this version:**

L. Lacassagne. Alimentation des volailles : substituts au tourteau de soja. *Productions Animales*, 1988, 1 (1), pp.47-57. hal-00895816

HAL Id: hal-00895816

<https://hal.science/hal-00895816>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Alimentation des volailles : substituts au tourteau de soja

1. Les protéagineux

La production française de pois protéagineux connaît actuellement une extension prodigieuse : de 465 000 tonnes en 1983, elle est passée à 1 096 000 tonnes en 1986 et s'est encore accrue de plus de 60 % au cours de la dernière campagne. La production de féverole est, quant à elle, plus stable et actuellement voisine de 100 000 tonnes. L'alimentation des volailles (animaux en croissance et poules pondeuses) est concernée au premier chef par l'utilisation de ces graines. L'optimisation de leur emploi sous-entend la connaissance de chacun de leurs effets particuliers qui sont décrits ici.

Depuis plus de dix ans, un effort considérable a été effectué dans de nombreux pays européens pour promouvoir la production de matières premières qui puissent fournir à l'alimentation animale les protéines dont elle a besoin, en remplacement du tourteau de soja importé dans sa presque totalité.

comporte encore pas mal de limites qui paraissent difficiles à lever. Quelques aspects de ces différents problèmes sont résumés ci-après, en exposant d'abord la situation des protéagineux : pois, féverole et lupin. Les oléagineux feront l'objet d'un prochain article.

Résumé

L'utilisation des protéagineux dans l'alimentation du poulet de chair ne pose pas de problèmes particuliers une fois corrigée leur déficience en acides aminés soufrés. Incorporés dans des proportions allant de 20 à 35 %, ils constituent d'ores et déjà une bonne source de protéines en remplacement du tourteau de soja. Le contenu en énergie métabolisable et la digestibilité des protéines du pois et de la féverole sont accrus par les traitements thermiques et mécaniques.

Il en est autrement pour l'alimentation des poules pondeuses où seul le pois peut être largement utilisé et apporter jusqu'à 30 % de la matière azotée totale. Le pois est en outre favorable à la qualité organoleptique de l'œuf. La féverole, au contraire, du fait de l'action défavorable de la vicine et de la convicine sur le poids de l'œuf, ne peut être utilisée à des taux supérieurs à 7 %. Elle accroît légèrement la qualité de l'albumen mesurée en unités Haugh mais tend à augmenter la fréquence des taches de sang dans les œufs.

La limite d'utilisation du lupin dans l'alimentation des pondeuses se situe autour de 10 %, taux au-dessus duquel peut apparaître une insuffisance en tryptophane. Des trois protéagineux envisagés, le lupin, du fait de sa richesse en protéines, est celui dont l'emploi se trouve le plus nettement limité par sa faible teneur en cet acide aminé.

Cet effort a porté essentiellement sur trois protéagineux, pois, féverole, lupin, et deux oléagineux, tournesol et colza, avec des succès divers. S'agissant de l'alimentation des volailles, trois d'entre eux ne posent que peu ou pas de problèmes : le tournesol, le pois et le lupin. L'emploi des deux autres, en particulier le colza,

1 / Principales caractéristiques des protéagineux

Chaque matière première possède des caractéristiques particulières en ce qui concerne la composition de ses protéines. Certaines sont bien connues : ainsi les protéines de la féverole sont déficientes en méthionine et cystine. D'autres le sont moins, telle la nette déficience en tryptophane des trois protéagineux : pois, féverole et lupin, comparés au tourteau de soja. Cette déficience peut être gênante, en particulier pour l'utilisation du lupin, du fait de la relative richesse de sa graine en matières azotées totales. L'utilisation de ce protéagineux est cependant limitée en premier lieu par sa faible teneur en lysine (tableau 1).

Si l'on compare tourteaux oléagineux et graines protéagineuses, ces dernières présentent la plus forte énergie métabolisable ; leur ordre décroissant de valeur énergétique est généralement le suivant : féverole, pois et lupin. Les teneurs en Energie Métabolisable (EM) de ces matières premières sont bien connues pour les volailles adultes, la plupart des déterminations ayant été effectuées sur coqs. A l'inverse, les valeurs applicables en alimentation des jeunes poussins demandent encore à être précisées.

La diversité des variétés présentes sur le marché, du fait de l'apport régulier de la sélection, doit être présente à l'esprit ainsi que l'existence de variétés d'hiver

**Les trois
protéagineux :
pois, féverole et lupin
sont déficients
en tryptophane.**

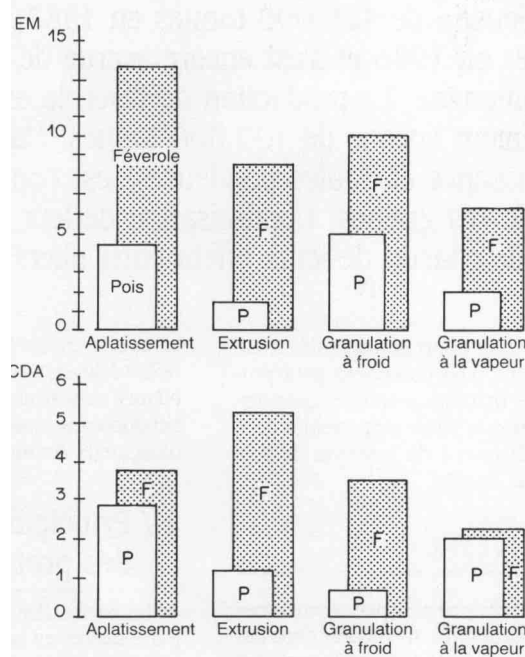
Tableau 1. Principales caractéristiques analytiques des protéagineux et du tourteau de soja.

	Matière sèche (%)	Energie Métabolisable kcal/kg*	Protéines brutes (%)	Acides aminés**				
				Lysine	soufrés	Méthionine	Tryptophane	Thréonine
Féverole	87	2650	26,4	6,29	2,01	0,80	0,83	3,52
Pois lisse de printemps	87	2560	22,3	7,27	2,68	1,14	0,91	3,95
Lupin	87	2415	35,7	4,71	2,24	0,78	0,78	3,61
Tourteau de soja 48	88	2325	45,8	6,35	2,99	1,38	1,35	3,91

* Valeurs déterminées sur coqs adultes (INRA, 1984)

** Acides aminés exprimés en % de la protéine.

Figure 1. Augmentation (en %) de l'énergie métabolisable (EM) et du coefficient de digestibilité apparente de l'azote (CDA) sous l'action de traitements thermomécaniques (mesures chez le coq adulte).



et de printemps, assez différentes entre elles pour un certain nombre de caractères. Ainsi, les dernières déterminations de la teneur en EM pour l'adulte effectuées sur 3 variétés de féverole d'hiver et 3 variétés de printemps cultivées en France, mettent en évidence une différence de 200 kcal/kg de matière sèche en faveur des féveroles de printemps. De même les pois lisses de printemps présentent une teneur moyenne en EM supérieure de 80 kcal à celle des pois d'hiver et les lupins doux de printemps sont également plus énergétiques de 120 à 250 kcal (suivant les années) que les lupins d'hiver. Ces résultats, obtenus dans le contexte français actuel, ne doivent cependant être généralisés qu'avec beaucoup de précautions.

Les traitements thermiques, en détruisant des facteurs antinutritionnels et en modifiant la digestibilité de certains composants interviennent sur la teneur en Energie Métabolisable. Huyghebaert *et al* (1979) obtiennent ainsi par traitement thermo-mécanique une augmentation du coefficient de digestibilité de l'azote et une augmentation de l'EM tant pour la féverole que pour les pois. Ces augmentations sont variables selon la nature du traitement (figure 1) mais sont toujours plus

élevées pour la féverole. Ce point sera examiné plus en détail un peu plus loin.

2 / Pois

2.1 / Utilisation du pois par le poulet de chair a / Pois crus

L'utilisation du pois dans l'alimentation du poulet de chair ne pose pas de problème particulier dans la mesure où est compensée sa légère déficience en acides aminés soufrés. Sa faible teneur en tryptophane peut être négligée lorsque le taux azoté de la ration est suffisamment élevé pour obtenir une efficacité alimentaire maximum. En effet, même introduit au taux de 30 % en substitution de tourteau de soja, le pois n'apporte, du fait de sa pauvreté relative en protéines, qu'une partie de l'apport azoté total de l'aliment, ce qui évite l'apparition d'une carence en tryptophane.

Les résultats obtenus par différents auteurs (tableau 2) sont relativement homogènes bien qu'établis sur une période de temps assez longue durant laquelle les variétés de pois utilisées ont été renouvelées. Ces résultats ont été obtenus, pour la plupart, à l'aide de rations isoénergétiques, corrigées pour leur déficience en acides aminés soufrés, mais souvent non isoazotées. A taux alimentaire constant (ou même légèrement croissant) de lysine, l'introduction de pois, riche en cet acide aminé, induit en effet un abaissement du taux de matière azotée totale de l'aliment (Leuillet *et al* 1975, ITCF 1982, Huyghebaert *et al* 1978). Le maintien, quel que soit le taux d'incorporation du pois, d'une efficacité alimentaire analogue à celle des lots témoins, montre par ailleurs que les valeurs d'Energie Métabolisable utilisées pour cette légumineuse dans le calcul des rations sont très proches de la réalité. Le travail effectué par l'ITCF en 1982 est particulièrement intéressant pour apprécier la valeur du pois sous forme de farine. Il montre que le pois de printemps Finale, qui est parmi les plus répandus en France, convient parfaitement au poulet en croissance jusqu'à des taux d'incorporation de 32 %.

Il faut enfin noter qu'avec une présentation du pois en farine, il n'a pas été trouvé de différence significative entre les performances à l'abattage de poulets alimentés soit avec le pois de printemps Finale, soit avec le pois d'hiver Frisson, utilisés aux taux de 30 %, et ce malgré une teneur en facteurs antitryptiques environ 4 fois plus élevée dans le pois d'hiver (ITCF 1985). Les performances des animaux sont seulement légèrement en faveur du pois de printemps jusqu'à l'âge de 3 semaines (+ 2,5 % de consommation et + 2,7 % de poids corporel) mais ces différences s'estompent par la suite (tableau 3).

Tableau 2. Effet de l'incorporation de pois à différents taux sur le poids corporel (en g) et l'indice de consommation du poulet de chair.

Auteur	Type de pois	Présentation aliment	Age abattage (j)	Taux d'incorporation						
				0	5	8 et 10	15 et 16	20	25 et 24	30 et 32
Leuillet 1977	P	F	56	1996		1998				
				1,94		1,97				
	H	G	65	2205		2237				
				2,33		2,35				
	P	F	56	2084		2090	2077	2087	2091	2065
				2,08		2,09	2,13	2,19	2,18	2,19
CCPA 1976	H	G	54	2060		2023	1995		2022	
				1,92		1,92	1,95		1,95	
UFAC (in Leuillet 1977)			63	2195	2243	2195	2201			
				2,08	2,06	2,07	2,04			
Huyghebaert <i>et al</i> 1978	F	49	49	1656	1601	1657		1636		
				2,16	2,17	2,17		2,17		
	G	49	49	1656	1681	1644		1699		
				2,16	2,12	2,11		2,11		
Vogt <i>et al</i> 1979	G	49	49	1878	1857	1879	1890	1885	1868	1874
				1,90	1,92	1,88	1,87	1,92	1,86	1,87
ITCF 1982	P	F	49	1888			1890		1925	1920
				1,99			2,00		2,00	1,99

P = printemps H = hiver F = farine G = granulé
 * Indice de consommation = consommation / gain de poids.

b / Pois traités thermomécaniquement

Chez l'adulte, avec des aliments présentés en farine, Carré *et al* (1987) trouvent, après granulation suivie d'un broyage, une augmentation de la teneur en Energie Métabolisable du pois de 2 à 5 % respectivement lorsque cette graine est associée soit à du maïs soit à du blé. L'amélioration provient, pour l'essentiel, d'une modification de la digestibilité de l'amidon.

De façon similaire, l'aplatissement, l'extrusion, la granulation à froid ou à la vapeur du pois, avant incorporation dans un aliment composé, ont tendance à augmenter les performances du poulet de chair, même lorsque cet aliment est donné sous forme de farine (Huyghebaert *et al* 1978). L'amélioration est plus nette chez le poulet de 3 semaines que lorsque l'animal est plus âgé. Dans le premier cas, la granulation à froid induit la meilleure croissance et la granulation à la vapeur la meilleure efficacité alimentaire. Le gain obtenu est de 7 % sur la croissance et de 5 % sur l'efficacité alimentaire (tableau 4). Chez le poulet de 7 semaines, les gains observés, 3 et 2 % respectivement, ne franchissent pas

le seuil de signification.

Dans tous les cas, les aliments étaient isoénergétiques et contenaient des proportions constantes de lysine et d'acides aminés soufrés égales aux moyennes des taux conseillés entre 0 et 7 semaines. L'amélioration constatée à 3 semaines peut donc provenir à la fois de l'augmentation de la teneur en Energie Métabolisable due à la chaleur et d'une augmentation de la digestibilité de l'azote induisant une remontée de l'apport d'acides aminés indispensables jusqu'aux taux optimum pour la période 0-3 semaines. S'agissant de poulets de chair, la distribution de l'aliment sous forme de farine diminue évidemment la portée de ces résultats. Il serait intéressant de vérifier que l'amélioration constatée après traitements thermo-mécaniques est retrouvée lorsque l'aliment est distribué sous forme de granulés.

2.2 / Utilisation du pois par la poule pondeuse

Introduit aux taux de 10, 15, 20 et même 30 % en substitution de tourteaux de soja dans les aliments pour

Type de pois utilisé : de 0 à 3 semaines d'âge	Frisson		Finale	
	Frisson	Finale	Frisson	Finale
de 3 à 7 semaines d'âge				
Performances de 0 à 3 semaines :				
- Poids corporel en g	445	434	447	456
- Consommation en g	709	697	718	725
- Indice de consommation	1,59	1,61	1,61	1,59
Performances de 0 à 7 semaines :				
- Poids corporel en g	1976	1971	1989	1988
- Consommation en g	3998	3953	3980	3986
- Indice de consommation	2,02	2,01	2,00	2,01

ITCF 1985.

Le pois peut être incorporé dans l'aliment du poulet de chair jusqu'à une proportion de 30 % sans qu'il n'y ait d'effet sur l'efficacité alimentaire.

Tableau 3. Comparaison des performances obtenues chez le poulet de chair après incorporation dans l'aliment de 30 % de pois d'hiver (Frisson) ou de pois de printemps (Finale).

Tableau 4. Effets de traitements thermo-mécaniques du pois sur les performances du poulet de chair à 21 et 49 jours d'âge (Taux d'incorporation du pois : 20 %).

	Poids corporel à 21 jours		Indice de consommation		Poids corporel à 49 jours		Indice de consommation	
	(g)	(%)	(%)	(%)	(g)	(%)	(%)	(%)
Témoin	462 bc	100	1,71 a	100	1656 abc	100	2,16 abc	100
Aliments à 20 % de pois								
- non traités	473 abc	102	1,70 a	99	1636 bc	99	2,17 a	100
- aplatis	486 ab	105	1,65 ab	96	1680 abc	101	2,13 abc	99
- extrudés	480 abc	104	1,67 ab	98	1656 abc	100	2,13 abc	99
- granulés à froid	496 a	107	1,67 ab	98	1736 a	105	2,12 abc	98
- granulés à la vapeur	490 ab	106	1,63 b	95	1699 ab	103	2,11 abc	98

Huyghebaert *et al* 1978.

poules pondeuses, le pois ne modifie généralement pas l'intensité de ponte (Moran *et al* 1968, Guillaume 1977, Sanders 1979, Richter 1981, ITAVI 1981a et b, 1983a et b, 1984, 1985). A l'inverse, le poids de l'œuf paraît presque toujours légèrement diminué (tableau 5), mais cette diminution n'atteint le seuil de signification que dans très peu de cas (Guillaume 1977, ITAVI 1983a). Exception faite des essais Sanders (1979) et ITAVI (1981a, 1983 et 1984), tous les protocoles comparaient des aliments isoénergétiques et isoprotéiques et apportaient généralement les mêmes quantités de méthionine et d'acides aminés soufrés. Les pois utilisés étaient dans tous les cas des pois lisses, les expériences utilisant des pois ridés n'étant pas rapportées ici.

La dégradation de l'efficacité alimentaire mentionnée par certains auteurs en présence de pois, s'explique par la surévaluation de la valeur énergétique de certains lots utilisés. Bougon *et al* (1978) signalent à ce propos que la valeur de 2 600 kcal prise en compte dans leurs calculs pour le pois Frimas est trop élevée. Sanders (1979) avec une teneur en EM égale à 2 500 kcal/kg pour la même variété obtient une efficacité alimentaire identique pour le lot témoin et le lot à 20 % de pois. Le résultat est le même avec une valeur de 2 560 kcal/kg attribuée au pois de printemps Amino (ITAVI 1984).

Il est intéressant de noter que les résultats obtenus avec le pois d'hiver Frimas (Guillaume 1977, Bougon *et al* 1978, Sanders 1979), riche en facteurs antitryptiques, ne se démarquent pas des résultats obtenus avec des pois fourragers de printemps pauvres en antitryptiques.

La granulation du pois d'hiver Frimas, avant son incorporation dans les aliments pour poules pondeuses,

augmente son efficacité alimentaire. L'amélioration constatée pour des taux d'incorporation de 20 à 30 % varie de 1 à 3 % selon les auteurs (Guillaume 1977, Bougon *et al* 1978). Avec un pois d'origine non précisée, Moran *et al* (1968) obtiennent également un gain d'efficacité alimentaire de 4 et 2 % pour des taux d'incorporation de 15 et 30 % respectivement (tableau 6). Cela confirme les résultats rapportés à propos de l'utilisation du pois dans l'alimentation du poulet de chair avec la différence pratique que, pour la poule pondeuse, l'aliment est souvent distribué en farine.

Comme cela a été signalé pour le poulet de chair, il ne semble pas, dans la majorité des cas, que la couverture des besoins en tryptophane constitue un problème. La teneur de l'aliment en cet acide aminé doit cependant être vérifiée lorsque l'incorporation de pois dépasse 15 % et que le taux protéique de l'aliment est proche de 14 % avec utilisation de matières pauvres en tryptophane. L'éventualité de ne pas apporter les 165 mg par jour jugés nécessaires à la poule demeure cependant faible s'il y a par exemple apport de blé ou de tourteau de soja avec une teneur en énergie métabolisable voisine de 2 700 kcal/kg d'aliment ; seules les conditions climatiques où la température est élevée peuvent entraîner un problème en induisant une diminution de l'ingestion alimentaire.

En conclusion, à l'examen des résultats connus à ce jour, il paraît possible d'incorporer 30 % de pois dans l'alimentation des poules pondeuses avec pour seul risque celui d'obtenir une légère diminution du poids de l'œuf dont le déterminisme n'apparaît pas encore nettement. Le taux maximum de 20 % généralement conseillé prend donc en compte une marge de sécurité confortable.

Il paraît possible d'incorporer jusqu'à 30 % de pois dans l'aliment des poules pondeuses. Le taux maximum de 20 %, généralement conseillé, prend donc en compte une marge de sécurité confortable.

Tableau 5. Performances relatives de ponte en fonction du taux de pois dans l'aliment (en % du témoin).

Taux de pois	Intensité de ponte				Poids de l'œuf			
	10	15	20	30	10	15	20	30
Moran <i>et al</i> 1968		96,8		97,2		98,8		99,7
Guillaume 1977				98,3				96,9
Bougon <i>et al</i> 1978			100,1				99,7	
Sanders 1979	102,5		100,0		99,2		98,1	
Richter 1981	101,3		97,5	99,9	100,2		100,2	100,0
ITAVI 1980 et 1981b	101,6	98,8			99,1	99,0		
ITAVI 1981a et 1983a	99,6	99,3			97,6	98,4		
ITAVI 1983b et 1984		101,1	100,1			97,8	99,8	
ITAVI 1985			100,0				98,7	

Tableau 6. Amélioration de l'efficacité alimentaire obtenue chez la poule pondeuse par granulation du pois avant son incorporation dans l'aliment. (IP = intensité de ponte, IC = indice de consommation).

	Témoin			Taux de pois utilisé (%)	Pois cru			Pois granulé			IC granulé sur IC cru (%)
	IP (%)	Poids œuf (g)	IC		IP (%)	Poids œuf (g)	IC	IP (%)	Poids œuf (g)	IC	
Moran <i>et al</i> 1968	93,8	59,3	2,05	15	90,8	58,6	2,22	90,7	59,1	2,14	96
				30	91,2	59,1	2,22	91,7	59,0	2,18	98
Guillaume 1977	90,0	57,6	2,22	30	88,5	55,8	2,32	90,1	56,6	2,26	97
Bougon <i>et al</i> 1978	81,3	62,5	2,44	20	81,4	62,3	2,50	80,8	62,2	2,47	99

3 / Féverole

3.1 / Présence de facteurs antinutritionnels

a / Tanins

Le principal facteur d'inhibition de la croissance présent dans le tégument de la féverole est constitué de tanins condensés (Martin-Tanguy *et al* 1977, Marquardt *et al* 1977) qui ont des propriétés physiques, chimiques, chromatographiques et des effets biologiques analogues à ceux des tanins présents dans les grains de sorgho (Marquardt *et al* 1977). Ces tanins réduisent la rétention de certains nutriments, particulièrement de la fraction azotée de la ration, avec, pour conséquence, une réduction de la vitesse de croissance et de l'efficacité alimentaire.

Deux équipes (Martin-Tanguy *et al* 1977, Marquardt et Ward 1979 et 1984), la première sur le canard de Barbarie, la seconde sur le jeune poulet, ont essayé de chiffrer la perte de performances due à la présence de tanins. Les résultats obtenus par ces derniers auteurs sur jeunes poulets après utilisation de "graines entières" de 3 cultivars de féverole sans tanins et de 2 cultivars de féverole avec tanins, crues ou autoclavées, sont reportés au tableau 7.

On y remarque que l'utilisation de féveroles avec tanins à la place de féveroles sans tanins diminue le gain de poids et l'efficacité alimentaire de 7 à 9 % respectivement. Dans les deux cas, l'autoclavage, à 121°C pendant 30 minutes, augmente la croissance et l'efficacité alimentaire de façon très nette : en moyenne de 29 et de 18 % respectivement.

L'amélioration totale des performances obtenue par utilisation de féveroles sans tanins et autoclavées, à la place de féveroles crues avec tanins, est de 35 % pour

le gain de poids et de 25 % pour l'indice de consommation. Ces augmentations de performances sont dues à de meilleures digestibilités des acides aminés et de la matière sèche, consécutives tout à la fois à l'absence de tanins et à l'action de l'autoclavage. La diminution de rétention due aux tanins peut être chiffrée à 12 % pour la matière sèche et 13 % pour les acides aminés. L'amélioration moyenne de digestibilité induite par autoclavage se chiffre quant à elle à 28 et 12 % respectivement.

Obtenus sur jeunes poussins âgés de 4 jours avec des proportions de féverole dans l'aliment supérieures à 85 %, ces résultats ne sont pas transposables aux conditions pratiques d'utilisation de la féverole en élevage qui seront exposées par ailleurs. Ils ont cependant le mérite de mettre en relief le rôle respectif des tanins et de la chaleur dont l'action cumulée est considérable.

b / Facteurs antitrypsiques

Le traitement par la chaleur des graines de féveroles détruit aussi les facteurs antitrypsiques qui s'y trouvent (Wilson *et al* 1972, Marquardt *et al* 1974, Mc Nab et Wilson 1974). Selon ces derniers auteurs, l'activité antitrypsique est de 2,49 TIU/mg dans la féverole crue et de 0,21 TIU/mg seulement dans la féverole micronisée (TIU : Trypsin Inhibitor Unit). La perte d'activité obtenue par autoclavage est du même ordre : 2,2 à 2,7 unités avant autoclavage, 0,8 et 0,9 unités après autoclavage à 120°C pendant 30 minutes (Marquardt et Ward 1984).

c / Vicine et convicine

Les teneurs en vicine et convicine qui figurent au tableau 8, proviennent de l'analyse de 3 cultivars de

Tableau 7. Performances comparées de jeunes poussins recevant des féveroles avec ou sans tanins, crues ou autoclavées.

	Consommation		Gain de poids		IC		Rétention matière sèche		Rétention acides aminés		Rétention extrait-éthéré								
	(g)	Variation (%)	(g)	Variation (%)	Variation (%)	%	Variation (%)	%	Variation (%)	%	Variation (%)								
Cultivars sans tanins	crus	137	100	100	80	100	100	1,72	100	100	47,9	100	100	83,7	100	100	75,6	100	100
	autoclavés	141	103		100	125		1,41	82		58,7	123		90,7	123		83,0	108	
Cultivars avec tanins	crus	140	100	102	74	100	93	1,88	100	109	42,3	100	88	73,2	100	87	79,0	100	104
	autoclavés	154	110		99	134		1,52	81		56,2	133		85,4	133		83,2	117	

Marquardt et Ward, 1979 et 1984.

Les très jeunes poussins consommant des féveroles avec tanins ont un gain de poids et une efficacité alimentaire diminués par rapport à ceux alimentés avec des féveroles sans tanins. Dans les 2 cas, l'autoclavage à 121°C pendant 30 minutes améliore les performances des poussins.

Tableau 8. Composition et valeurs énergétiques comparées de fèves de féveroles d'hiver et de printemps (par rapport à la matière sèche).

	Fèves de féveroles d'hiver				Fèves de féveroles de printemps			
	Talo	Prothabon	Survoy	Moyenne	Ascott	Alfred	Pilote	Moyenne
Matière azotée totale (%)	30,6	33,9	28,9	31,1	33,4	30,3	33,5	32,4
Cellulose brute (%)	8,7	8,9	8,5	8,7	7,9	8,7	8,3	8,3
Amidon Ewers (%)	44,6	39,6	44,8	43,0	42,9	43,9	40,8	42,5
Matières grasses (%)	1,7	1,5	1,4	1,5	1,5	1,7	1,8	1,7
Cendres (%)	3,7	3,7	3,8	3,7	3,6	3,6	3,7	3,6
Activité antitrypsique (TUI/mg)	4,4	4,1	4,0	4,2	4,4	4,6	4,6	4,5
Vicine (%)	0,54	0,62	0,76	0,64	0,50	0,60	0,55	0,55
Convicine (%)	0,34	0,36	0,22	0,31	0,10	0,15	0,18	0,14
Energie brute (kcal/kg)	4467	4517	4437	4474	4562	4446	4492	4500
Energie métabolisable* (kcal/kg)	2831	2928	2903	2887	3151	3059	3066	3092

* Mesurée sur coqs ITCF - INRA 1985.

Les traitements thermiques ou thermomécaniques, en détruisant certains facteurs antinutritionnels et en augmentant la digestibilité des nutriments de la féverole, améliorent sa valeur d'énergie métabolisable, de 6 à 13 % chez le coq et de 7 à 15 % chez le poulet.

féveroles de printemps et 3 cultivars de féveroles d'hivers récoltés en France en 1984. Les teneurs trouvées dans ces échantillons peuvent être considérées comme moyennes si on les compare aux résultats de Pitz *et al* (1981), Gardiner *et al* (1982), Lattanzio *et al* (1983), Bjerg *et al* (1985). Dans leur récente étude, ces derniers auteurs précisent que la plus grande partie des cultivars analysés par eux contiennent plus de 1 % de vicine, convicine et dopagluco-sides, mais que de grandes variations peuvent être observées dans des limites pouvant aller de 0,1 à 1,1 % pour la vicine et 0,1 à 0,7 % pour la convicine (tableau 9). La vicine, comme la convicine, est thermostable (Marquardt et Ward 1984).

Introduite dans l'alimentation des poudeuses aux taux de 0,5 et 1 %, la vicine provoque une nette diminution de la consommation d'aliment, ainsi que de la masse totale de jaune et d'œuf produite ; cette diminution est essentiellement due à une réduction du poids moyen de l'œuf mais aussi à une baisse de l'intensité de ponte. La vicine provoque également une réduction de la fertilité et de l'éclosivité des œufs, de la solidité de la membrane du jaune ainsi qu'une augmentation des taches de sang dans le jaune (Muduuli *et al* 1981). Une supplémentation de la ration en vitamine E restaure la consommation d'aliment, le poids moyen de l'œuf, la fertilité et l'éclosivité des œufs (Muduuli *et al* 1982). A l'opposé, aux mêmes concentrations, le jeune poulet en croissance s'avère insensible à l'introduction de vicine dans son aliment (Muduuli 1980, Muduuli *et al* 1982).

d / Conséquence des facteurs antinutritionnels sur la valeur d'énergie métabolisable de la féverole.

La destruction des tanins par autoclavage (Marquardt

et Ward 1979), celle des facteurs antitrypsiques par des traitements thermiques ou thermomécaniques (Mc Nab et Wilson 1974, Marquardt *et al* 1974), ainsi que l'augmentation de la digestibilité de la matière sèche, des protéines, des lipides et de l'amidon sous l'action des mêmes traitements (Guillaume 1978, Marquardt et Ward 1979, Huyghebaert *et al* 1979) ont pour conséquence une amélioration très nette de l'Energie Métabolisable. Cette amélioration a été chiffrée entre 6,2 à 12,7 % chez le coq suivant le procédé de traitement choisi (micronisation, aplatissement, extrusion, granulation à froid ou à chaud) et entre 7 et 15 % chez le jeune poulet après autoclavage, granulation à la vapeur ou micronisation (tableau 10).

On notera la nette supériorité (200 kcal/MS) de la teneur en Energie Métabolisable, mesurée sur coqs, des cultivars de printemps comparés aux cultivars d'hivers de la récolte 1984 (tableau 9). Cette différence, déjà mentionnée par Carpenter et Johnson (1968) et Simpson (1983), n'a cependant pas été trouvée par Edwards *et al* (1972) qui, sur poussins, ne mettent en évidence aucune différence entre les 6 cultivars d'hiver et les 6 cultivars de printemps qu'ils ont analysés.

3.2 / Utilisation de la féverole par le poulet de chair

Les essais où ont été comparés, avec des lots importants d'animaux, des taux variables de féverole en remplacement de tourteau de soja, dans des conditions d'apport d'énergie et d'acides aminés essentiels identiques, sont malheureusement assez rares.

a / Féverole crue

Les résultats que nous possédons sur l'utilisation de la féverole crue en farine sont reportés au tableau 11 ;

Tableau 9. Variabilité des taux de vicine et convicine de la féverole en fonction de l'origine génétique.

	Nombre de cultivars analysés	Vicine (en % MS)	Convicine (en % MS)	Glucosides totaux
Pitz <i>et al</i> 1981	242	0,44 - 0,82	0,13 - 0,64	0,62 - 1,25
Gardiner <i>et al</i> 1982	78	0,45 - 0,90	0,15 - 0,54	0,69 - 1,26
Lattanzio <i>et al</i> 1983	10	0,47 - 0,78	0,27 - 0,54	0,80 - 1,32
Bjerg <i>et al</i> 1985	364	0,10 - 1,10	0,10 - 0,70*	0,16 - 1,79

* Y compris dopagluco-side.

Tableau 10. Amélioration de la teneur en énergie métabolisable (corrigée pour l'azote) de la féverole sous l'action de traitements thermiques ou thermo-mécaniques.

Auteurs	Type de traitement	Amélioration (en %)	Age de l'animal utilisé
Edwards et Duthie 1973	Autoclavage	12	3 semaines
Guillaume 1974	Granulation vapeur	15	4 semaines
Mc Nab et Wilson 1974	Micronisation	10	1 semaine
Shannon et Clandinin 1977	Autoclavage	15	3 semaines
Guillaume 1978	Autoclavage	7 à 13	3 semaines
Huyghebaert et de Grootte 1979	Aplatissement	12,7	adulte
	Extrusion	7	adulte
	Granulation à froid	9,5	adulte
	Granulation vapeur	6,2	adulte

il s'agit d'essais de croissance effectués dans les conditions définies plus haut. On y remarque qu'à 3 ou 4 semaines d'âge les résultats de l'ITCF (1981) pour un taux d'incorporation de 20 % de féverole et de Kadirvel et Clandinin (1974) pour les taux de 5 et 10 %, donnent seuls des vitesses de croissance supérieures ou égales aux lots témoins maïs-soja. A l'opposé, les résultats de Blair *et al* (1970) et de Huyghebaert et De Grootte (1979 et 1980) obtenus avec des taux d'incorporation variant de 5 à 45 % sont inférieurs aux résultats des lots témoins. Huyghebaert et De Grootte précisent que leurs aliments étaient calculés pour satisfaire aux besoins moyens de la période 0-7 semaines et que les teneurs en acides aminés utilisées étaient un peu faibles pour les 3 premières semaines de croissance. L'origine de la différence de performances observée ne semble pas cependant devoir être recherchée dans ce sens : le taux de lysine et acides aminés soufrés utilisés par ces derniers auteurs d'une part et ceux utilisés par l'ITCF d'autre part, ramenés au même niveau énergétique de la ration ne sont en effet que très peu différents. De

plus, une augmentation des taux de lysine et d'acides aminés soufrés de 1,11 à 1,16 et de 0,81 à 0,85 % respectivement ne modifie que très peu les performances observées (Huyghebaert et De Grootte 1980). Dans ces conditions, l'explication des différences entre les résultats obtenus par les divers auteurs pour des animaux âgés de 3 ou 4 semaines doit être recherchée ailleurs, vraisemblablement dans la disponibilité des autres acides aminés essentiels. A l'inverse, on constate dans le même tableau qu'à l'âge de 7 semaines, l'utilisation de 10 à 20 % de féverole s'avère satisfaisante et que les retards de croissance observés à 3 semaines par Huyghebaert et De Grootte (1979) n'apparaissent plus au moment de l'abattage. Les résultats obtenus par l'ITCF en 1981 vont dans le même sens qu'il s'agisse de féverole à fleurs blanches (sans tanins) ou colorées.

b / Féveroles traitées thermo-mécaniquement

En prenant comme base de comparaison les performances obtenues par des poulets de chair élevés avec

Tableau 11. Performances obtenues avec différents taux d'incorporation de féverole dans des aliments pour poulets de chair présentés en farine (P = poids, IC = indice de consommation).

		Taux de féverole						
		0	5	10	15	20	30	45
Performances à 3 semaines								
Blair <i>et al</i> 1970	P	557			535		503	518
	IC	1,94			1,98		2,15	2,06
Kadirvel et Clandinin 1974	P	589	592	590		586		
	IC	1,74	1,67	1,67		1,70		
Huyghebaert et de Grootte 1979	P	493		477		469		
	IC	1,59		1,66		1,69		
Huyghebaert et de Grootte 1980	P	535				520		
	IC	1,50				1,56		
ITCF 1981	P	479				485* 492**		
	IC	1,53				1,49 1,49		
Performances à 7 semaines								
Huyghebaert et de Grootte 1979	P	1866		1897		1874		
	IC	2,08		2,13		2,17		
Huyghebaert et de Grootte 1980	P	1984				1917		
	IC	2,05				2,10		
ITCF 1981	P	1933				1942* 1948**		
	IC	2,06				2,04 2,10		

* Féverole sans tanins, ** Féverole avec tanins.

des fèves crues, on constate une amélioration des résultats dans tous les essais où ont été utilisées des fèves soit autoclavées (Marquardt *et al* 1974, Bhargava et O'Neil 1979, Marquardt et Ward 1979 et 1984), soit ayant subi divers traitements thermomécaniques avant leur incorporation dans l'aliment (Huyghebaert et De Groot 1979). Ces derniers auteurs obtiennent chez des poulets âgés de 40 jours et recevant des fèves aplaties, ou extrudées, ou granulées puis remoulues et introduites à 20 % dans les aliments (en substitution de tourteau de soja et de sorgho), des vitesses de croissance et des efficacités alimentaires meilleures que celles observées sur un lot témoin recevant un aliment à base de tourteau de soja (tableau 12). Il s'agissait d'aliments isoénergétiques, apportant les mêmes quantités de lysine et d'acides aminés soufrés, mais dans lesquels la valeur énergétique de la fève prise en compte pour le calcul de la ration était celle de la fève crue.

Les résultats de Huyghebaert et De Groot (1980) obtenus avec des aliments fabriqués de manière plus proche des conditions industrielles vont dans le même sens (tableau 13) : une simple granulation à froid ou à la vapeur de l'aliment permet d'obtenir, avec incorporation de 20 % de fève en substitution de tourteau de soja, des performances en tous points identiques, voire légèrement supérieures, à celles observées avec l'aliment témoin à base de soja. Ici également, les aliments étaient calculés pour apporter les mêmes quantités de lysine et d'acides aminés soufrés et la même quantité d'énergie. Ces résultats mériteraient d'être complétés par des essais de même type mais où seraient précisées la variété et les caractéristiques de la fève utilisée, en particulier sa teneur en tanins.

3.3 / Utilisation de la fève par la poule pondeuse

a / Effets sur l'intensité de ponte

L'analyse des principaux résultats disponibles aboutit à des conclusions contradictoires. Ainsi, Robblee *et al* (1977) trouvent qu'il est possible de substituer 20 % de fève au tourteau de soja dans l'alimentation des poules pondeuses sans modification apparente de la mortalité, de la production d'œufs, de l'efficacité alimentaire et du poids corporel. Wilson et Teague (1974) ainsi que Campbell *et al* (1980), dans des conditions semblables, arrivent à des conclusions identiques. Dans les trois essais, les aliments utilisés étaient relativement riches en matière azotée totale, 15,5 % dans le premier, 16 % dans le second et 18 % dans le troisième.

Avec un apport de protéines moins élevés (14,1 %)

et un régime simplifié à base de maïs-soja, Larbier (1980) trouve en revanche un effet dépressif plus ou moins marqué sur les performances dès que le taux d'incorporation de la fève est supérieur à 11 %. Même à ce taux faible, un des deux lots mis en expérience, manifeste une baisse de l'intensité de ponte dès la treizième semaine d'expérience. Bougon (1974), avec des aliments à 15, 1 % de protéines, constate également une diminution de l'intensité de ponte dès que le taux d'incorporation de fève en substitution du tourteau de soja atteint 12,5 %.

Les raisons de la différence de résultats obtenus par ces deux groupes n'apparaissent pas clairement sauf à invoquer une moindre digestibilité des protéines de la fève. Dans tous les essais, les aliments témoins et ceux contenant de la fève étaient isoénergétiques, isoazotés et apportaient la même quantité de méthionine. En ce qui concerne le tryptophane, les apports quotidiens étaient théoriquement suffisants, sauf peut-être dans un cas (Larbier 1980) où l'aliment à 11 % de fève apportait, semble-t-il, une quantité de tryptophane légèrement inférieure à 165 mg par jour. Il faut en outre remarquer que dans l'essai de cet auteur et celui de Bougon (1974), les aliments, essentiellement constitués de maïs, étaient plus pauvres en tryptophane que les formules à base de blé et d'orge plus complexes et plus riches en matières azotées totales, utilisées par Robblee *et al* (1977) et Wilson et Teague (1974). Avec la fève, les risques d'un apport insuffisant en tryptophane sont plus élevés qu'avec le pois. A ce propos, Larbier (1980) mentionne une restauration spectaculaire de l'intensité de ponte après avoir supplémenté en tryptophane des aliments à base de maïs où le tourteau de soja était totalement remplacé par un apport de fève voisin de 34 %.

b / Effets sur le poids de l'œuf

Les effets de la fève sur le poids de l'œuf sont plus clairement établis. Dans tous les travaux publiés, en effet, l'incorporation de fève à l'alimentation de poules pondeuses diminue le poids de l'œuf par rapport à celui observé chez les témoins. Sur la figure 2, sont regroupés les résultats extraits des travaux de Davidson (1973), Bougon (1974), Robblee *et al* (1977), Larbier (1980). On y constate que, exprimée en pour cent du témoin, la perte de poids de l'œuf en présence de fève est extrêmement homogène d'un auteur à l'autre ($R = -0,86$, $P < 0,005$) et que le taux de fève à partir duquel s'observe une dépression du poids de l'œuf semble se situer aux environs de 7 %.

Cette perte de poids, qui ne cède ni à une supplémentation en tryptophane (Larbier 1980) ni à une supplé-

Tableau 12. Effet de traitements thermo-mécaniques de la fève sur les performances du poulet de chair à 21 et 49 jours d'âge (Proportion de fève dans l'aliment : 20 %).

Aliments	Poids à 21 jours		Indice de consommation		Poids à 49 jours		Indice de consommation	
	(g)	(%)	(%)	(%)	(kg)	(%)	(%)	(%)
Témoin soja	493	100	1,59	100	1,87	100	2,08	100
Avec fève								
- non traitée	469	95	1,69	106	1,87	100	2,17	104
- aplatie	492	100	1,58	99	1,92	103	2,05	99
- extrudée	492	100	1,55	98	1,92	103	2,05	99
- granulée à froid	493	100	1,55	98	1,94	104	2,02	97
- granulée à la vapeur	504	102	1,55	98	1,99	106	2,02	97

Huyghebaert et de Groot 1979.

Dans tous les travaux publiés, l'incorporation de fève dans l'alimentation des poules pondeuses entraîne une diminution du poids de l'œuf, dès que la proportion de fève dans l'aliment dépasse 7 %.

Tableau 13. Performances relatives* du poulet de chair à 21 et 49 jours d'âge en fonction du mode de présentation de l'aliment et du taux protéique de la ration avec un taux d'incorporation de féverole de 20 %.

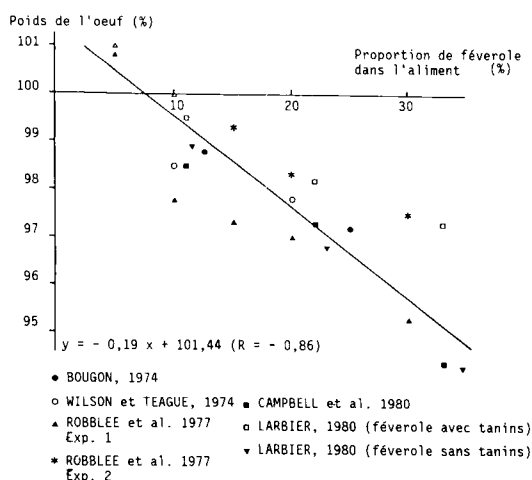
Taux de MAT	Poids à 21 jours		IC à 21 jours		Poids à 49 jours		IC à 49 jours	
	faible	élevé	faible	élevé	faible	élevé	faible	élevé
Témoin								
Farine	100 (533)	100 (535)	100 (1,539)	100 (1,500)	100 (1962)	100 (1984)	100 (2,062)	100 (2,047)
Granulé à froid	104	105	102	101	105	105	101	100
Granulé à la vapeur	106	107	100	100	107	104	99	99
20 % féverole								
Farine	96	97	105	104	97	97	105	102
Granulé à froid	107	107	102	100	105	105	100	99
Granulé à la vapeur	107	110	100	99	108	107	98	96

* Exprimées en % du témoins farine.

() Performances du lot farine.

Huyghebaert et de Groote 1980.

mentation en acide linoléique (Wilson et Teague 1974), a été depuis attribuée à la présence dans la féverole de vicine et convicine. Ajoutée directement à l'alimentation de poules pondeuses, la vicine diminue l'ingestion d'aliment, le poids de l'œuf et, de façon plus nette, la fertilité et l'éclosivité des œufs (Muduuli *et al* 1982, Olaboro *et al* 1981a, b, c).

Figure 2. Variation du poids de l'œuf en fonction de la proportion de féverole dans l'aliment (en % des lots témoins).

4 / Lupin

Les modalités d'utilisation du lupin dans l'alimentation du poulet et de la poule pondeuse ont été précisées lors du Troisième Congrès International du lupin (Lacassagne 1984). Les principaux résultats connus peuvent être résumés comme suit.

Il n'existe pas d'obstacle technique à l'utilisation du lupin blanc doux dans l'alimentation du poulet de chair, lorsque sont corrigées ses déficiences en lysine, acides aminés soufrés, tryptophane et acide folique. L'acide folique étant généralement apporté par le concentré vitaminique et la supplémentation en méthionine étant acquise, seules sont à considérer les déficiences en tryptophane et lysine. La déficience en lysine, premier facteur limitant, peut être corrigée soit par apport de lysine de synthèse, soit par utilisation de matières premières de complément riches en lysine, soit par aug-

mentation du taux de matières azotées totales ; cette dernière solution trouve rapidement ses limites. Ce point étant acquis et l'apport de tryptophane de synthèse étant exclus, les taux d'incorporation du lupin se situent aux environs de 20 % dans les aliments de démarrage (0-4 semaines) et 35 % dans les aliments de finition. A ces taux, les performances obtenues sont en tous points identiques à celles observées dans les lots témoins de type maïs-soja.

A l'opposé, l'introduction du lupin dans les aliments pour poules pondeuses paraît difficile au-delà de 10 % en l'absence d'une supplémentation en lysine et tryptophane de synthèse et dans tous les cas où le taux de matière azotée de l'aliment est limité aux environs de 14 %. Avec une supplémentation en ces deux acides aminés, le taux de lupin dans l'alimentation peut atteindre 20 % sans diminution des performances.

5 / Effets des protéagineux sur la qualité de l'œuf

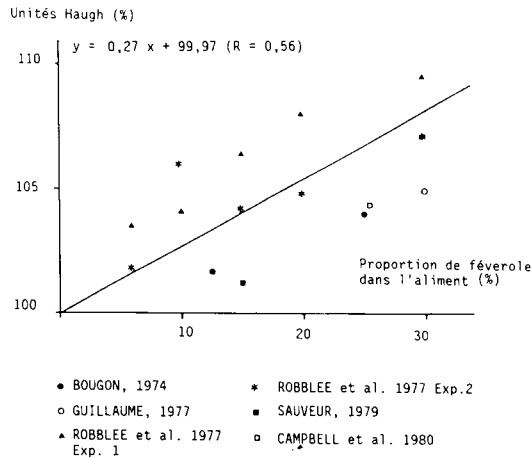
5.1 / Qualité de l'albumen exprimée en unités Haugh (1)

De nombreux auteurs (Bougon 1974, Guillaume et Bellec 1977, Robblee *et al* 1977, Sauveur *et al* 1979, Campbell *et al* 1980) utilisant des aliments renfermant des proportions variables de féverole jusqu'à un maximum de 30 %, observent une augmentation, pas toujours significative, des unités Haugh, qui peut atteindre 10 % (Robblee *et al* 1977). Bien que les conditions expérimentales soient différentes, essentiellement en ce qui concerne le type d'animal utilisé et le niveau initial de qualité interne de l'œuf, il apparaît, une fois tous les résultats réunis (figure 3), que l'augmentation des unités Haugh est bien fonction du taux de féverole utilisé ($R = 0,56$; $P < 0,05$). Les unités Haugh s'accroissent proportionnellement au taux d'incorporation de féverole (jusqu'à 20 %) sans modification d'intensité de ponte (Robblee *et al* 1977). La réponse est d'autant plus marquée que la valeur de départ des unités Haugh

(1) Les unités Haugh constituent un critère courant de qualité de l'albumen ; elles représentent la hauteur du gel formé par le blanc épais autour du jaune de l'œuf, lorsque celui-ci est cassé sur une surface plane.

est plus basse (Robblee *et al* 1977, expériences 1 et 2). A l'inverse, l'amélioration est d'autant moins nette que cette valeur est plus haute (Sauveur *et al* 1979).

Figure 3. Augmentation des Unités Haugh en fonction de la proportion de féverole dans l'aliment (en % des lots témoins).



La qualité de l'albumen, mesurée par les unités Haugh, augmente avec la proportion de féverole dans l'aliment, mais la fréquence des taches de sang augmente en même temps.

L'utilisation dans les mêmes conditions de lupin doux (Bougon *et al* 1980) et de pois (Sauveur *et al* 1979) donnent des résultats qui vont dans le même sens. Le faible nombre de données disponibles et le fait que seuls les résultats de Bougon *et al* (1980) aient atteint le seuil de signification incitent cependant à la prudence quant à la généralisation de ces résultats.

5.2 / Autres critères de qualité

Classés par un jury de dégustation utilisant un certain nombre de critères tels que flaveur, caractère plus ou moins franc des odeurs et arrière-goûts, les œufs provenant de poules nourries avec un aliment contenant 30 % de pois, ont été trouvés meilleurs que ceux provenant d'un lot témoin recevant un aliment à base de tourteau de soja (Sauveur 1981). Du fait de sa singularité, cette observation méritait d'être signalée.

On note également un accroissement de la coloration du jaune dans des lots recevant de la féverole ou du lupin comparés à d'autres lots recevant soit du tourteau de soja, soit du pois. Ces résultats de Sauveur (1981) confirment ceux obtenus avec de la féverole par Anderson en 1979 et Campbell *et al* en 1980.

Il semble par ailleurs que l'utilisation de féverole augmente le nombre d'œufs présentant des taches de sang. Les résultats de Guillaume *et al* (1973) avec des taux de féverole de 15,8 à 17,5 %, de Campbell *et al* (1980) avec 25 % et ceux de Robblee *et al* (1977) avec des taux de 5 à 30 %, vont dans ce sens. Ces derniers auteurs situent à 5 % le seuil d'incorporation de féverole au-dessus duquel s'accroît la fréquence de ces taches.

Enfin, la féverole ne paraît pas agir sur la qualité de la coquille mesurée soit par un test de déformation, soit par résistance à la rupture (Bougon 1974, Sauveur 1981) soit par mesure du poids spécifique (Robblee *et al* 1977).

Conclusion

La bonne valeur nutritionnelle du pois, tant pour le poulet de chair que pour la poule pondeuse, explique pour partie la facilité avec laquelle cette graine s'est imposée sur le marché au cours des dernières années. La féverole ne bénéficie pas tout à fait des mêmes atouts du fait de sa teneur en substances défavorables au poids de l'œuf (vicine et convicine). Son utilisation est cependant largement facilitée dans l'alimentation des animaux en croissance dès lors que l'aliment est donné sous forme de granulés ou que l'on dispose de variétés sans tanins. Le lupin pourrait lui aussi être utilisé (avec les suppléments adéquates en acides aminés) s'il se trouvait sur le marché en quantité suffisante.

En dehors du contexte immédiat, où le faible coût du tourteau de soja peut occulter toutes les autres données sous-jacentes au choix des matières premières protéiques, il est donc satisfaisant de savoir que les protéagineux européens constituent aujourd'hui une source tout à fait réaliste de protéines pour l'alimentation des volailles.

Références bibliographiques

- ANDERSON K., 1979. Somme unconventional feedstuffs to laying hens. I. Effect on production and gross chemical composition of eggs. *Swed. J. Agric. Res.*, 9, 29-36.
- BHARGAVA K.K. and O'NEIL J.B., 1979. Raw and autoclaved faba beans (*Vicia Faba L.*) as an alternate source of protein for broilers. *Can. J. Anim. Sci.*, 59, 531-539.
- BJERG B., NORGAARD KNUSSSEN J.C., OLSEN O., POULSEN M.H., SORENSEN H., 1985. Quantitative analysis and inheritance of vicine and convicine content in seeds of *Vicia Faba L.* *Z. Pflanzenzüchtg.*, 94, 135-148.
- BLAIR R., WILSON B.J. and BOLTON W., 1970. Growth of broilers given diets containing field beans (*Vicia Faba L.*) during period the 0 to 4 week. *Br. Poultry Sci.*, 11, 387-398.
- BOUGON M., 1974. Influence de la substitution du tourteau de soja par de la féverole sur les performances des pondeuses. *Bull. Inf. Stn. Exp. Avic. Ploufragan*, 14, 102-106.
- BOUGON M., LEUILLET M., L'HOSPITALIER R. et PROTAS J., 1978. Intérêt du pois protéagineux dans l'alimentation des pondeuses. *Bull. Inf. Stn. Exp. Avic. Ploufragan*, 18, 24-28.
- BOUGON M., LEUILLET M. et L'HOSPITALIER R., 1980. Intérêt du lupin doux dans l'alimentation des pondeuses. *Bull. Inf. Stn. Exp. Avic., Ploufragan*, 20, 51-54.
- CAMPBELL L.D., OLABORO G., MARQUARDT R.R. and WADDELL D., 1980. Use of fababeans in diets for laying hens. *Can. J. Anim. Sci.*, 60, 395-405.
- CARPENTER K.J. and JOHNSON C.L., 1968. The metabolizable energy of field beans (*Vicia Faba L.*) for poultry. *J. Agric. Sci., Camb.*, 70, 391-392.
- CARRE B., ESCARTIN R., MELCION J.P., CHAMP M., ROUX G., LECLERCQ B., 1987. Effect of pelleting and association with maize or wheat on the nutritive value of smooth pea (*Pisum sativum*) seeds in adult cockerels. *Br. Poultry Sci.*, 28, 219-229.
- CCPA, 1976. Expérimentation poulets de chair VC32. Compte-rendu d'expérience. CCPA 95520 OSNY.
- DAVIDSON J., 1973. The nutritive value of field beans (*Vicia Faba L.*) for laying hens. *Br. Poultry Sci.*, 14, 557-567.
- EDWARDS D.G., DUTHIE I.F., 1972. A short note on the metabolizable energy values for broiler chicks of two varieties of field beans (*Vicia Faba L.*) harvested in 1969. *J. Agric. Sci., Camb.*, 79, 169-170.
- EDWARDS D.G. and DUTHIE I.F., 1973. Processing to improve the nutritive value of field beans. *J. Sci. Food Agric.*, 24, 496-497.
- GARDINER E.E., MARQUARDT R.R. and KEMP G., 1982. Variation in vicine and convicine concentration of faba bean genotypes. *Can. J. Plant Sci.*, 62, 589-592.

- GUILLAUME J., 1974. Utilisation de la féverole (*Vicia Faba L.*) dans l'alimentation du poulet et de la poule pondeuse. Proc. XVth World's Poultry Congress. New-Orleans, 616-617.
- GUILLAUME J., 1977. Use of field beans (*Vicia Faba L.*) and peas (*Pisum sativum*) in laying hen and growing chicken diets. in : Protein Quality from leguminous crops. Nov. 1976, Dijon. Ed : Commission of the European Communities, Kirchberg, Luxembourg, EUR 5686 EN, 217-231.
- GUILLAUME J., 1978. Digestibilité des protéines, de l'amidon et des lipides de deux types de féverole (*Vicia Faba L.*) crue ou autoclavée chez le poussin. Arch. Geflügelk., 42, 179-182.
- GUILLAUME J. and BELLEC R., 1977. Use of field beans (*Vicia Faba L.*) in diets for laying hens. Br. Poultry Sci., 18, 573-583.
- GUILLAUME J., CALET C. et de CARVILLE H., 1973. La féverole (*Vicia Faba L.*) dans l'alimentation des volailles. Bull. Tech. Inf. Minist. Agric., 277, 103-110.
- HUYGHEBAERT G. et de GROOTE G., 1979. Les féveroles (*Vicia Faba*) en tant que source protéique alternative dans les rations pour poulets de chair. 1. L'effet de divers traitements thermomécaniques. Revue de l'Agriculture, 32, 1243-1255.
- HUYGHEBAERT G. et de GROOTE G., 1980. Les féveroles (*Vicia Faba*) en tant que source protéique alternative dans les rations pour poulets de chair. 2. L'effet de la teneur en protéines et de la forme de l'aliment. Revue de l'Agriculture, 33, 1281-1299.
- HUYGHEBAERT G., de GROOTE G. et MOERMANS R.J., 1978. Des pois fourragers en tant que source protéique alternative dans les rations des poulets de chair. Revue de l'Agriculture, 31, 675-686.
- HUYGHEBAERT G., FONTAINE G. et de GROOTE G., 1979. Détermination de la valeur alimentaire des pois (*Pisum sativum*) et des féveroles (*Vicia faba*) au moyen d'essais de digestibilité avec des coqs adultes. Revue de l'Agriculture, 32, 759-777.
- ITAVI, 28, rue du Rocher, 75008 Paris
Rapports :
- 1980. Utilisation du pois dans les aliments pondeuses. pp. 22
- 1981a. Etude d'un système d'alimentation blé-pois en comparaison de formules maïs-soja pour les pondeuses d'œufs de consommations. pp. 16
- 1981b. Utilisation du pois dans les aliments dans le cadre d'un atelier industriel de 12 000 pondeuses. pp. 15
- 1983a. Incorporation de blé et de pois dans un régime pondeuses. pp. 7
- 1983b. Substitution du maïs et du tourteau de soja par du blé et du pois dans l'aliment pondeuses. pp. 12
- 1984. Substitution total du tourteau de soja par une association pois, tourteau de tournesol et farine de viande dans les aliments pour pondeuses. pp. 7
- 1985. Substitution totale du tourteau de soja par un mélange de pois-tourteau de tournesol-farine de viande. pp. 16
- ITCF, 8, avenue Président-Wilson, 75116 Paris
Rapports d'activité :
- 1981. Féverole pour la production de poulets. n° 8, p. 34
- 1981. Association blé-pois pour la production d'œufs. n° 8, p. 35
Compte-rendu d'essais :
- 1982. Etude de l'introduction de la graine de pois de printemps dans les aliments pour poulet de chair. pp. 27.
- 1985. Comparaison pois de printemps (finale) pois d'hiver (Frisson). p. 9-10.
- KADIRVEL R. and CLANDININ D.R., 1974. The effect of faba beans (*Vicia Faba L.*) on the performance of turkey poults and broiler chicks from 0-4 weeks of age. Poultry Sci., 53, 1810-1816.
- LACASSAGNE L., 1984. Valeur nutritive du lupin blanc doux en alimentation animale. 3^e Congrès International du Lupin. La Rochelle 4-8 juin 1984, 422-452.
- LARBIER M., 1980. Utilisation de la féverole (*Vicia faba L.*) riche ou dépourvue de tannins dans l'alimentation de la poule pondeuse. Arch. Geflügelk., 44, 163-167.
- LATTANZIO V., BIANCO V.-V., CRIVELLI G. and MICCOLIS V., 1983. Variability of amino acids, protein, vicine and convicine in *Vicia faba L.* cultivars. J. Food Sci., 48, 992-993.
- LEUILLET M., 1977. Utilisation du pois par les monogastriques. Perspectives Agricoles, n° 8, 15-20.
- LEUILLET M., CASTAING J. et BOUARD J.-P., 1975. Le pois pour poulets et porcs. Document ITCF, 8, av. Président Wilson, 75116 Paris. Avril 1975, pp. 2.
- MC NAB J.-M. and WILSON B.-J., 1974. Effect of micronising on the utilisation of field beans (*Vicia faba L.*) by the young chick. J. Sci. Food Agric., 25, 395-400.
- MARQUARDT R.-R. and WARD A.-T., 1979. Chick performance as affected by autoclave treatment of tannin-containing and tannin-free cultivars of faba beans. Can. J. Anim. Sci., 59, 781-789.
- MARQUARDT R.-R. and WARD A.-T., 1984. Chick performances as affected by autoclave treatment of tannin containing and tannin-free faba beans. Fabis, News Letter n° 8, 23-25.
- MARQUARDT R.-R., CAMPBELL L.-D., STOTHERS S.-C. and MC KIRDY J.-A., 1974. Growth responses of chicks and rats fed diets containing four cultivars of raw or autoclaved faba beans. Can. J. Anim. Sci., 54, 177-182.
- MARQUARDT R.-R., WARD A.-T., CAMPBELL L.-D., and CANSFIELD P.-E., 1977. Purification, identification and characterization of a growth inhibitor in faba beans (*Vicia faba L.* var. minor). J. Nutr., 107, 1313-1324.
- MARTIN-TANGUY J., GUILLAUME J. and KOSSA A., 1977. Condensed tannins in horse bean seeds : chemical structure and apparent effects on poultry. J. Sci. Food Agric., 28, 757-765.
- MORAN E.-T., SUMMERS J.-D. and JONES G.-E., 1968. Field peas as a major dietary protein source for the growing chick and laying hen with emphasis on high-temperature steam pelleting as a practical means of improving nutritional value. Can. J. Anim. Sci., 48, 47-55.
- MUDUULI D.-S., 1980. The quantitative isolation of vicine from faba bean protein concentrate and the involvement of free radicals in biophysicochemical effects of vicine in the chicken. Ph. D. Thesis. Dep. Anim. Sci. of Manitoba Univ. Winnipeg, Canada. pp. 288.
- MUDUULI D.-S., MARQUARDT R.-R. and GUENTER W., 1981. Effect of dietary vicine on the productive performance of laying chickens. Can. J. Anim. Sci., 61, 757-764.
- MUDUULI D.-S., MARQUARDT R.-R. and GUENTER W., 1982. Effect of dietary vicine and vitamin E supplementation on the productive performance of growing and laying chickens. Br. J. Nutr., 47, 53-60.
- OLABORO G., MARQUARDT R.-R., CAMPBELL L.-D. and FROHLICH A.-A., 1981a. Purification, identification and quantification of an egg-weight-depressing factor (vicine) in fababeans (*Vicia faba*). J. Sci. Food Agric., 32, 1163-1171.
- OLABORO G., MARQUARDT R.-R. and CAMPBELL L.-D., 1981b. Isolation of the egg weight depressing factor in fababeans (*Vicia faba L.* var. minor). J. Sci. Food Agric., 32, 1074-1080.
- OLABORO G., CAMPBELL L.-D. and MARQUARDT R.-R., 1981c. Influence of fababeans fractions on egg weight among laying hens fed test diets for a short time period. Can. J. Anim. Sci., 61, 751-755.
- PITZ W.-J., SOSULSKI F.W. and ROWLAND G.-G., 1981. Effect of genotype and environment on vicine and convicine levels in fababeans (*Vicia faba minor*). J. Sci. Food Agric., 32, 1-8
- RICHTER G., 1981. Erbsen (*Pisum sativum L.*) als maischfuttermittelkomponente für Legehennen. Arch. Tierernährung, 31, 410, 713-719.
- ROBBLEE A.-R., CLANDININ D.-R., HARDIN R.-T., MILNE G.-R. and DARLINGTON K., 1977. Studies on the use of faba beans in rations for laying hens. Can. J. Anim. Sci., 57, 421-425.
- SANDERS, 1979. Compte-rendu de fin d'essai, Sanders, Athis-Mons, pp. 7.
- SAUVEUR B., 1981. Influence de la nature des protéines distribuées à la poule sur quelques propriétés technologiques de l'œuf. in : Les Cahiers de l'ENSBANA, Campus Universitaire. 21000 Dijon, n° 3, octobre 1981, 1-22.
- SAUVEUR B., ZYBKO A. et COLAS B., 1979. Protéines alimentaires et qualité de l'œuf. I. Effet de quelques protéines sur la qualité interne de l'œuf et ses propriétés fonctionnelles. Ann. Zootech., 28 (3), 271-295.
- SHANNON D.-W.-F. and CLANDININ D.-R., 1977. Effects of heat treatment on the nutritive value of faba beans (*Vicia faba*) for broiler chickens. Can. J. Anim. Sci., 57, 499-507.
- SIMPSON A.D.F., 1983. Utilization of *Vicia faba L.*, in : The faba bean (*Vicia faba L.*). Ed Hebblethwaite P.D., Butterworths, p. 535-552.
- VOGT H., HARNISH S. und KRIEG R., 1979. Der einsatz von erbenschrot im geflügelfutter. Arch. Geflügelk., 43, 195-199.
- WILSON B.-J., MC NAB J.-M. and BENTLEY H., 1972. Trypsin inhibitor activity in field bean (*Vicia faba L.*). J. Sci. Food Agric., 23, 679-684.
- WILSON B.-J. and TEAGUE P.-W., 1974. Performance of two strains of laying fowl fed on diets containing field beans (*Vicia faba L.*). J. Agric. Sci. Camb., 83, 231-235.