

Méthodes d'évaluation et de contrôle des matières premières

Picard M., Leon A.

in

Sauveur B. (ed.).
L'aviculture en Méditerranée

Montpellier : CIHEAM

Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 7

1990

pages 71-79

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=C1901581>

To cite this article / Pour citer cet article

Picard M., Leon A. **Méthodes d'évaluation et de contrôle des matières premières**. In : Sauveur B. (ed.). *L'aviculture en Méditerranée*. Montpellier : CIHEAM, 1990. p. 71-79 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 7)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Méthodes d'évaluation et de contrôle des matières premières

Michel PICARD

Station de Recherches Avicoles
Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Nouzilly (France)

Alicia LEON

FONAIAP-CENIAP

Fondo N° de Investigaciones Agro-pecuarias / Centro N° de Investigaciones Zootécnicas
Instituto de Investigaciones Zootécnicas, Maracay (Venezuela)

I. – Introduction

L'alimentation des volailles devient une technique exacte. Les équipements modernes de mélange permettent une fabrication presque parfaite s'ils sont correctement utilisés. La programmation linéaire optimise la composition et le coût du régime avec une très grande précision. La «multiprogrammation» conduit à une gestion intelligente des achats et du flux des matières premières dans une usine...

Le «point noir» reste l'évaluation nutritionnelle précise des matières premières effectivement utilisées en fabrication. Les produits issus d'une transformation technologique (sous-produits, tourteaux) sont plus variables que les graines entières.

Notre but n'est pas de présenter une description exhaustive des méthodes d'évaluation et de contrôle des matières premières. Nous aborderons certains aspects du contrôle de routine en insistant sur les développements récents et les points critiques de sa mise en oeuvre. L'impact économique de ce contrôle peut être considérable. Encore faut-il que les résultats d'analyse soient justes et réellement utilisés pour modifier la formulation du régime ou agir sur le fournisseur. Les pays fortement importateurs de matières premières ont une situation d'autant plus difficile qu'ils doivent valoriser au maximum des sous-produits plus variables. D'autre part, les produits importés suivent des circuits de distribution complexes qui gênent ou empêchent une action technique sérieuse sur le fournisseur.

La recherche d'une plus grande indépendance alimentaire justifie les efforts des pays de climat non tempéré pour développer l'utilisation de ressources locales destinées à l'alimentation des volailles. Mais pas à n'importe quel prix ! Nous illustrerons par quelques exemples la démarche qui nous paraît adaptée à l'étude de matières premières «nouvelles» destinées à l'aviculture.

II. – Un contrôle utile

1. «A chacun sa mesure...»

Dans un aliment pour volailles, les apports d'énergie métabolisable et d'acides aminés constituent les proportions essentielles du prix de revient matière (environ 70 et 25% respectivement). Il est donc juste de se préoccuper prioritairement de leur évaluation mais sans oublier qu'une déficience en un nutriment relativement moins coûteux (minéraux, vitamines...) peut indirectement affecter l'utilisation énergétique et/ou protéique du régime et avoir donc des conséquences aussi graves sur le résultat économique qu'une erreur d'évaluation des nutriments majeurs.

La mesure directe de l'Energie Métabolisable (EM) sur animaux reste trop lourde et coûteuse pour un contrôle de routine bien que des progrès récents confèrent à ces méthodes un regain d'intérêt et d'utilisation dans la pratique.

La mesure indirecte par les analyses chimiques ou physiques de la concentration énergétique, protéique et minérale des matières premières reste «l'outil de base» du contrôle.

A. Tests de bilan digestif

Le développement de mesures rapides et précises de la digestion par des coqs, d'un aliment ou d'une matière première progresse depuis une dizaine d'années. Sibbald (1982) a proposé une technique d'alimentation forcée qui permet d'égaliser et de connaître avec précision l'ingéré alimentaire mais qui présente l'inconvénient de nécessiter une correction critique pour les pertes fécales endogènes. Il a récemment étendu sa technique à la mesure de la digestibilité des acides aminés (Sibbald, 1987). Les travaux européens récents (Leclercq, 1987) tendent à définir une méthode d'alimentation *ad libitum* pendant un temps court (2-3 jours) qui donne des résultats plus précis et moins critiquables que ceux obtenus par la méthode de Sibbald. Il faut cependant que les animaux acceptent de consommer l'aliment! Pour les matières premières non appétantes, Lessire et Leclercq (1987) développent une technique d'alimentation forcée sous forme pâteuse qui allie les avantages de la méthode de Sibbald avec ceux d'un test *ad libitum* (ingéré plus important – moindre durée de jeûne avant et après la phase d'alimentation). Ces variantes méthodologiques ainsi que différentes corrections (bilan azoté, endogène) doivent rendre l'utilisateur prudent quant au mélange de données d'origines diverses qui peuvent ne pas être cohérentes (**Tableau 1**).

Restent deux problèmes délicats :

I°- L'évaluation énergétique de produits à faible taux d'utilisation (farines animales, graines, sous-produits) qui, à une concentration pratique dans le régime (1 à 5%), ne peuvent être testés avec précision mais qui, à des teneurs conciliables avec une mesure précise (20-50%), induisent des phénomènes d'interaction entre nutriments (minéraux × lipides, protéines × lipides × minéraux, etc.). Les résultats sont faussés car il n'y a plus additivité des composants énergétiques de la ration (Lessire, 1984 ; Leclercq, 1985).

II°- La mesure de la bio-disponibilité des acides aminés utilise plusieurs techniques délicates parmi lesquelles les essais de bilan digestif semblent donner les meilleures évaluations (Larbier, 1982). Cependant, la mesure de la digestibilité des acides aminés suppose un coût analytique élevé et est souvent d'une précision précaire. Picard *et al.* (1984) ont suggéré une procédure simplifiée utilisant la détermination de la digestibilité de l'azote après élimination de l'acide urique des fèces par la méthode de Terpstra et De Hart (1974).

Au moins trois industriels français et l'INRA utilisent aujourd'hui régulièrement les tests de bilan sur coqs pour l'étude des matières premières destinées aux volailles.

B. Méthodes physiques et chimiques

P. Dauvillier (1985) précise les analyses les plus couramment effectuées pour évaluer les matières premières (**Tableau 2**). Les méthodes chimiques dites «officielles» sont publiées par l'Afnor (Tours Europe, Cédex 7, 92080 Paris la Défense) sous les références suivantes :

- Aliments des animaux : méthodes d'analyses françaises et communautaires - 1985 - Afnor Editeur - Réf. 319-18-21.
- Aliments des animaux - Sous classe V18 (édition mise à jour) - Afnor Editeur.

L'automatisation partielle et l'informatisation grâce à des systèmes tels que l'ANAMATIC développé en France par l'UFAC-FRALEX permettent d'améliorer la fiabilité des résultats et de rendre ces méthodes praticables par un personnel moins spécialisé.

Le problème de fond n'est pas de produire en grand nombre de résultats mais d'obtenir des données reproductibles et utiles. Il est difficile d'établir une hiérarchie entre les analyses car celles-ci dépendent des matières premières. Par exemple, la détermination de l'acide cyanhydrique contenu dans le manioc est plus importante que la connaissance de la teneur en azote, ce qui n'est pas le cas du soja, etc. Les équations de prédiction de la valeur énergétique des matières premières utilisent des variables prédictives différentes selon les produits (Janssen *et al.*, 1979 ; Leclercq, 1985).

Cependant, en prenant en compte le coût des équipements et l'importance pratique des analyses, on peut proposer l'acquisition progressive d'une balance et d'une étuve (humidité), d'une burette (dosages d'acidité, etc.), d'un four (matières minérales), de l'équipement pour le dosage de l'azote, des matières grasses, de la cellulose, etc.

Certaines mesures sont d'un intérêt contestable en aviculture. Ainsi, la cellulose brute représente un mauvais prédicteur du résidu pariétal. L'ensemble des parois végétales semble avoir un rôle de dilueur sans valeur nutritionnelle chez les volailles (Carré et Leclercq, 1985). Une méthode de mesure enzymatique du résidu fibreux telle que celle proposée par B. Carré (1985) permettra, après simplification pratique, une évaluation plus juste de la partie fibreuse non digestible d'une matière première.

Depuis plusieurs années, l'utilisation croissante de procédés physiques dits d'analyses par infrarouge permet en quelques minutes à partir d'un seul échantillon de déterminer plusieurs caractéristiques essentielles : humidité, azote, matières grasses, etc. Selon Dauvillier (1985), la fiabilité des résultats dépend avant tout de l'étalonnage : ce type de contrôle convient bien à des matières premières bien connues et lorsque les échantillons ne s'éloignent pas trop de la gamme utilisée pour étalonner l'appareil. L'étalonnage très coûteux suppose un laboratoire de chimie performant, un grand nombre d'analyses et des moyens de calculs. Ce type d'analyse ne remplace donc pas le contrôle classique mais le complète en permettant une décentralisation partielle du laboratoire sur les lieux de fabrication. Il convient mal à des produits d'utilisation marginale ou de composition très variable (sous produits) qui sont cependant ceux qui doivent être le plus sérieusement contrôlés.

2. Rentabiliser les résultats

Si le même effort était fait pour interpréter et utiliser un résultat que pour l'obtenir, les progrès technico-économiques seraient plus rapides ! Cette remarque vaut aussi bien en recherche qu'en contrôle et dans bien d'autres comportements humains.

Dans les résultats de contrôle analytique, nous disposons de deux types d'information :

- d'une part, la valeur absolue d'un échantillon ou de la moyenne d'un groupe d'échantillon,
- d'autre part, la variabilité de ces échantillons pour un même produit.

Le problème pratique est d'évaluer justement la première et d'agir pour faire diminuer la seconde.

Aucune table publiée dans le monde ne correspond exactement à une situation pratique donnée. Il convient donc de corriger la matrice de programmation linéaire en fonction des résultats obtenus (matière sèche et énergie, protéine et acides aminés indispensables, etc.). D'autre part, le fabricant d'aliment est obligé d'utiliser des «marges de sécurité» dans les données de composition et/ou de besoin afin de pallier la variabilité des matières premières. Ces «marges de sécurité» coûtent très cher. La variabilité est très différente d'un pays (voire d'un fabricant) à l'autre ; et ceci se répercute directement sur le résultat économique de l'élevage.

La décentralisation du contrôle et l'automatisation partielle des analyses ont permis d'agir directement au niveau de la réception des matières premières soit pour refuser une livraison, pour classer un produit dans deux ou trois silos différents selon ses caractéristiques, ou rapidement adapter la formulation. Le contrôle «à l'arrivée» se répercute souvent chez le producteur ou le transformateur de matière première en permettant des améliorations technologiques ou une classification plus juste des produits. Ce progrès est déterminant au niveau du développement d'un pays, de la valorisation exacte de ses sous-produits et de son indépendance alimentaire et technique. Seul le contrôle rigoureux, et suivi d'effet, permet ce type de progrès. L'enjeu n'est pas tant la réaction de prix à court terme sur une livraison non conforme, mais l'amélioration à moyen terme de la qualité des productions. Evaluer justement un produit, c'est aussi éviter une erreur dans les décisions politiques de développement agricole.

III. – Des «nouveauités» mesurées

L'évaluation de matières premières nouvelles ou de sous-produits mal utilisés pour l'alimentation des volailles est presque un «devoir» dans tous les pays du monde. En étudiant les publications, on constate trop souvent que nos moyens limités de recherche sont occupés par l'évaluation de différents "taux d'introduction" d'une matière première sur les performances des animaux sans que l'auteur connaisse avec précision la composition chimique, la digestibilité de l'énergie ou des protéines, voire la toxicité aiguë du produit.

1. «Chaque chose en son temps»

Waldroup (1982) propose une procédure en quatre étapes pour l'étude d'une nouvelle matière première :

- composition chimique,
- test d'acceptabilité (ou de toxicité aiguë),
- test de bilan (digestibilité de l'énergie et des acides aminés),
- essais zootechniques.

Nous y ajouterons une évaluation dès le début de la faisabilité économique en termes de prix de revient et de volume potentiel. Il vaut mieux en effet consacrer ses efforts de recherche aux matières premières qui représentent le plus fort potentiel économique. Cela peut paraître évident mais l'expérience montre que ce type de comparaison est rarement fait avant la fin des études biologiques. La programmation linéaire multiple permet, dès la phase 3 de Waldroup (c'est-à-dire une fois connue la valeur nutritionnelle même approximative), d'étudier son prix d'intérêt au niveau national pour différentes espèces et par conséquent de favoriser l'espèce animale (ou la production) ayant le marché le plus attractif.

Beaucoup de matières premières contiennent des facteurs toxiques avant traitement technologique ou sélection génétique (exemple : le soja) ; on ne s'arrêtera donc pas à l'étape 2 si le seuil d'acceptabilité est bas. Cependant, il est strictement inutile d'aller dans ce cas vers des essais zootechniques avant d'avoir au moins partiellement résolu le problème de toxicité. Par contre, il est important de connaître le potentiel nutritionnel qui est souvent exprimé par la teneur en énergie métabolisable et la digestibilité des acides aminés, même pour des matières premières toxiques.

2. Deux exemples : *leucaena leucocephala* et *canavalia ensiformis*

a) *Leucaena leucocephala*

Il est une légumineuse arborescente produite dans toutes les régions tropicales du monde. Son feuillage est utilisé depuis plus de quinze ans dans l'alimentation des ruminants. La farine de feuilles séchées peut contenir jusqu'à 30% de matières azotées totales. Son utilisation en alimentation des volailles (D'mello et Taplin, 1978) est limitée à moins de 5% de l'aliment pour des raisons de toxicité. Celle-ci a été attribuée à la mimosine par analogie avec des travaux effectués sur mammifères (Ter Meulen *et al.*, 1979). La

mimosine est un acide aminé libre analogue de la tyrosine, non utilisé pour les synthèses protéiques de l'animal. De nombreux travaux ont été effectués sur le métabolisme de cet acide aminé. Le faible prix de revient de LL et les capacités très grandes de production justifiait son étude.

L'analyse chimique de LL réalisée par B. Carré et I. Angulo révèle une forte teneur en parois végétales et en tanins (environ 3%).

Les études d'acceptabilité confirment la toxicité de LL à des teneurs supérieures à 5% dans l'aliment et montrent que des poules pondeuses recevant en libre choix un régime contenant 10% de LL ou 30% de LL consomment presque uniquement le premier et ceci dès la première demi-heure de test (Angulo Chacon *et al.*, 1986). Il existe donc une détection probablement sensorielle très précoce peu explicable par l'action de la mimosine.

Un essai de fractionnement en phases soluble ou insoluble dans l'eau, dont les résultats sont rapportés au **Tableau 3**, montre que la fraction soluble riche en mimosine ne présente presque pas de toxicité pour le poussin alors que la fraction insoluble pauvre en mimosine est à peu près aussi «toxique» que LL. Donc la mimosine n'est pas le facteur toxique principal pour les volailles (Angulo Chacon *et al.*, 1986).

Les résultats des tests de bilan digestif réalisés en France et au Venezuela confirment la très faible digestibilité des acides aminés (Coefficient de digestibilité «vraie» : environ 25% ; cf. Picard *et al.*, 1987) et la teneur très basse en énergie métabolisable : 500 à 800 Kcal/kg.

Il s'agit très probablement d'un effet des tanins qui rendent LL pratiquement inutilisable comme source de protéine pour l'aviculture. Ces travaux permettent beaucoup mieux que des tests zootechniques de justifier une décision de suspension du travail de recherche sans perdre trop de temps.

On remarquera également dans les essais vénézuéliens de Salinas et Vargas (**Tableau 4**) tout l'intérêt des essais d'alimentation appariée (*pair feeding*) lorsqu'une matière première affecte l'ingéré alimentaire et qu'un produit supposé «détoxifiant» (ici, le sulfate de fer) est ajouté au régime. On constate dans ce cas précis que l'action du sulfate de fer porte exclusivement sur l'ingéré alimentaire et non sur la transformation métabolique de l'aliment.

b) *Canavalia Ensiformis*

Canavalia Ensiformis est une légumineuse dont la production de grains (1 à 6 t/ha) dépasse nettement dans des conditions culturales équivalentes les autres sources végétales de protéines au Venezuela. Sa composition chimique étudiée par B. Carre, M. Larbier et I. Angulo révèle une grande similitude avec celle de la féverole. Elle est dépourvue de tanins mais contient de nombreux facteurs toxiques identifiés : la cancanavoline A (lectine hémagglutinante), la canavanine (acide aminé toxique analogue de l'arginine), la canatoxine (protéine toxique), etc... Les tests d'acceptabilité donnent donc des résultats très défavorables et révèlent, comme dans le cas de LL, que *Canavalia* est détectée très tôt dans le régime (en moins de 2 heures par des poussins âgés de 1,7 ou 14 jours ; Leon, 1987).

La valeur énergétique de la graine crue ou extrudée a été mesurée au Venezuela par Leon *et al.* (1986) et en France par Ladjali et Picard (non publié). La *canavalia* crue contient environ 2 200 Kcal EM/Kg de matière sèche et l'extrusion améliore beaucoup cette valeur (la *canavalia* extrudée contient plus de 2 800 Kcal EM/Kg de matière sèche).

La digestibilité des acides aminés (**Tableau 5**) mesurée par Leon (1987) montre une amélioration relative de 25% due à l'extrusion. Ce résultat est d'autant plus important que l'extrusion modifie peu l'effet «toxique» global de la *canavalia*.

Il faut donc clairement distinguer la valeur nutritionnelle potentielle d'une matière première de sa «toxicité». Et ce, d'autant plus que les facteurs toxiques possibles sont nombreux. La valeur nutritionnelle du produit

étant confirmée dans le cas de la *canavalia*, il convient d'étudier la détoxification et dans un premier temps d'identifier le (ou les) facteur(s) toxique(s) principaux. Dans cet optique, nous réalisons actuellement différentes fractions chimiques du grain qui sont directement étudiées sur poussin en tests d'acceptabilité.

IV. - Conclusion

L'automatisation partielle des méthodes classiques d'analyses chimiques et le développement des techniques «infra rouge» ont permis la décentralisation d'une partie du contrôle des matières premières sur les lieux-mêmes de fabrication. Ceci s'inscrit dans une recherche globale de qualité de diminution de la variabilité. Il s'agit d'une étape essentielle du développement de l'alimentation animale qui va bien au-delà de l'analyse ou de la formulation mais permet à moyen terme d'améliorer la qualité des matières premières et la valorisation des sous-produits, donc l'efficacité globale de la filière. Des progrès ne sont possibles que s'il existe d'une part un laboratoire central techniquement apte à étalonner et contrôler les appareils et d'autre part une volonté d'amélioration de la qualité mise en pratique dans tous les secteurs de l'entreprise d'alimentation pour valoriser l'effort de contrôle.

L'étude de matières premières nouvelles ou de la valorisation de sous-produits utilise trop souvent des essais zootechniques prématurés qui conduisent à de maigres progrès des connaissances et à des applications rares et hasardeuses. Une procédure plus logique donnerait la priorité aux analyses chimiques, à des petits essais de toxicité ou d'acceptabilité et à l'évaluation de la teneur des matières premières en énergie métabolisable et acides aminés digestibles par des tests de bilan. L'intérêt économique potentiel est mesuré par programmation linéaire multiple simulée le plus tôt possible afin d'éviter de travailler sur des produits sans avenir ou sans marché. Les essais zootechniques devraient être réservés à l'optimisation finale de l'utilisation de produits non toxiques ou détoxifiés dont on connaît les principales caractéristiques nutritionnelles pour la formulation.

Bibliographie

- ANGULO CHACON I., PICARD M., BOUCHOT C., HARSCOAT J.P., 1986.- In : *Proc. 7ème Conférence Européenne W.P.S.A.*, Paris 24-28 août 1986, vol. 1, pp. 263-266.
- CARRE B., LECLERCQ B., 1985.- In : *Brit. J. Nutr.*, **54**, pp. 669-680.
- CARRE B., 1985.- *Comptes-rendus Conf. Avicole W.P.S.A., SIMAVIP*, 18 oct. 1985, Paris, pp. 13-25.
- DAUVILLIER P., 1985.- In : *Sci. Aliments*, 5 n° hors série V, pp. 133-145.
- D'MELLO J.P.F., TAPLIN D.E., 1978.- In : *World Review An. Prod.*, **XIV**, pp. 41-47.
- JANSSEN W.M.M.A., K. TERPSTRA K., BEEKING F.F.E., BISALSKY A.J.N., 1979.- *Feeding values for poultry* (Spelderholt Inst. for Poultry Res. ed.), Beekbergen, Hollande, 59 p.
- LARBIER M., 1982.- In : *La biodisponibilité des acides aminés* (CAAA, éd. INA, Paris), pp. E1-E38.
- LECLERCQ B., 1985.- *Comptes-rendus Conf. Avicole W.P.S.A. SIMAVIP*, 18 oct. 1985, Paris, pp. 4-12.
- LECLERCQ B., 1987.- In : *Aliscope*, 3-4, pp. 36-38.
- LESSIRE M., LECLERCQ B., 1987.- Résultats non publiés.
- LEON A., PICARD M., PARRA R., MONTILLA J.J., VARGAS R., 1986.- In : *Proc. 35ème Conv. Annuelle ASOVAC*, Valencia, Venezuela 16-21 novembre 1986, 33 p. (TAP sur demande auteur).

- LEON A., 1987.- Résultats non publiés.
- PICARD M., 1985.- Proc. 1st Poultry Conf. FENAVI, Caraballeda, Venezuela 9-10 mai 1985. (TAP sur demande auteur).
- PICARD M., BOURDON D., LEDIVIDICH J., 1984.- Proc. Conf. FAO/ILCA, Addis Abeba 5-9 mars 1984. FAO, *Animal Prod. and Health paper*, n° 50. 1. State knowledge 1985, pp. 163-181.
- PICARD M., ANGULO I., ANTOINE H., BOUCHOT, C., SAUVEUR B., 1987.- In : Proc. 10th Conf. M.S.A.P. Meeting. Genting Highlands, Malaisie, 2-4 avril 1987 (TAP sur demande auteur).
- SALINAS E., 1986.- Tesis Magister Scientiarum post-grado.- U.C.V. Maracay, Venezuela.
- SIBBALD I.R., 1982.- In : *Can. J. Anim. Sci.*, 62 (4), pp. 983-1048.
- SIBBALD I.R., 1987.- In : *Can. J. Anim. Sci.*, 67, (2), pp. 221-301.
- TER MEULEN U. et al., 1979.- In : *Tropical Animal Prod.*, 4, pp. 113-126.
- TERPSTRA K., DEHART N., 1974.- In : *Z. Tierphysiol. Tierernährg. U. Futtermittelk de*, 32, (6), pp. 306-320.
- WALDROUP P., 1982.- In : *Feedstuffs*, 54, (42), pp. 38-43.

Tableau 1 : Teneur en Energie Métabolisable (EM) d'un même échantillon de maïs mesurée sur coqs adultes par deux techniques différentes et exprimée selon différents modes

(Unité = Kcal/kg de matière sèche)

Mode d'expression du résultat	Techniques	
	Ad libitum 2 jours	Alimentation forcée (50 g)
E.M.A.*	3 712	3 512
E.M.A. _N .*	3 718	3 733
E.M.V.*	3 940	4 019
E.M.V. _N .*	3 910	3 939

ingéré - excrété

- * E.M.A. = Energie Métabolisable Apparente $\frac{\text{ingéré} - \text{excrété}}{\text{intégré}}$
- * E.M.A._N = E.M.A. corrigée pour une rétention azotée nulle.
- * E.M.V. = E.M.A. corrigée pour les pertes endogènes.
- * E.M.V._N = E.M.V. corrigée pour une rétention azotée nulle.

Tableau 2 : Analyses les plus fréquemment pratiquées pour le contrôle des matières premières

Analyse globale	Test de mise en évidence des facteurs limitants
Humidité Protéine (azote) Matière grasse Amidon Sucres Cellulose Phosphore Calcium Chlorures	Acidité uréasique Rouge de Crésol Tanins Acide cyanhydrique

Source : P. Dauvillier (1985).

Tableau 3 : Toxicité de *Leucaena Leucocephala* (LL) sur poussins - 14-20 jours

Régime	Matières premières	Mimosine % régime	Gain de poids g/animal	Consommation d'aliment g/animal
A	30 % son de blé	0	141,4 a**	306,7 a**
B	30 % LL	0,67	24,3 b	171,5 b
C	3,6 % FS/LL*	0,45	132,7 a	309,7 a
D	26,4 % FI/LL*	0,23	27,4 b	167,6 b

* FS = Fraction Soluble dans l'eau, séchée.

FI = Fraction Insoluble dans l'eau, séchée.

** Test de Newman Keuls : les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de probabilité 99 %.

Source : Angulo Chacon et al. (1986).

Tableau 4 : Alimentation appariée - Effet du sulfate de fer sur la «toxicité» de *Leucaena Leucocephala* chez le poulet de 1 à 25 jours

Régime	Alimentation <i>ad libitum</i>		Alimentation rationnée	
	Consommation g/animal	Gain de poids g/animal	Consommation g/animal	Gain de poids g/animal
Témoin	1 186 a*	667 f	880 e	465 hi
24 % LL	880 e	399 k	-	-
id. + 1 %				
Sulfate de fer	1 091 bc	496 g	880 e	384 klm
id. + 2 %	1 107 b	467 h	880 e	390 kl
id. + 4 %	1 086 cd	435 j	880 e	361 n

* Test de Newman Keuls : les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de probabilité 95 %.

Source : Salinas (1986).

Tableau 5 : Digestibilité vraie des acides aminés de *Canavalia ensiformis* (grain) crue ou extrudée

Méthode	Alimentation forcée sèche		Alimentation forcée humide	
	Amidon 50 %		Amidon 50 %	
	Crue	Extrudée	Crue	Extrudée
ASP	66	89	76	95
THR	63	91	65	91
SER	72	94	70	95
GLU	70	96	68	94
ALA	65	92	66	92
VAL	63	93	61	93
ILE	63	97	67	93
LEU	70	95	66	93
TYR	68	97	65	93
PHE	69	93	69	95
LYS	68	97	69	89
HIS	70	90	71	90
ARG	72	98	72	86
Somme des AA	68	94	68	93
Canavanine	94	98	94	91

Source : A. Leon (1987).