

S. DUSSOULIER

M. PICARD

M. VAILLANT

**Réponse physiologique au régime alimentaire  
en pratique vétérinaire : les acides aminés  
chez la poule pondeuse**

*Les cahiers de l'analyse des données*, tome 5, n° 3 (1980),  
p. 369-375

[http://www.numdam.org/item?id=CAD\\_1980\\_\\_5\\_3\\_369\\_0](http://www.numdam.org/item?id=CAD_1980__5_3_369_0)

© Les cahiers de l'analyse des données, Dunod, 1980, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Les cahiers de l'analyse des données » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques

<http://www.numdam.org/>

RÉPONSE PHYSIOLOGIQUE AU RÉGIME ALIMENTAIRE  
EN PRATIQUE VÉTÉRINAIRE :  
LES ACIDES AMINÉS  
CHEZ LA POULE PONDEUSE

[POULE POND.]

par S. Dussoulier <sup>(1)</sup>,  
M. Picard <sup>(2)</sup>  
et M. Vaillant <sup>(2)</sup>

N.B. Le présent exposé est rédigé d'après un document communiqué le 15 mars 1979, à la " Maryland Nutrition Conference for Food Manufacturers" (E.-U.). Mais nous adressant ici à des médecins et des statisticiens réunis à l'Hôpital Tenon pour un Séminaire consacré à l'analyse des données, nous avons abrégé ce qui concerne spécifiquement l'alimentation animale, en donnant le plus de détails sur l'application faite de la statistique multidimensionnelle.

1 L'alimentation des poules pondeuses ; conceptions actuelles et hypothèses de travail

Le profane lui-même sait qu'au cours des 50 dernières années, aux E.-U. d'abord puis en Europe, l'alimentation de la volaille s'est modifiée, au point de devenir une technique nutritionniste rigoureuse, selon laquelle la satisfaction des besoins en acides aminés est régie par des calculs précis.

Le tableau ci-joint indique, par exemple, quels sont, selon les vues actuelles, les besoins minima en acides aminés (exprimés en grammes par jour), pour un ingéré journalier optimum d'énergie métabolisable et selon la souche de la poule pondeuse.

	S O U C H E	
	LEGERE	DEMI-LOURDE
Energie Métab. en Kcal/jour	300	330
Protéine brute en g/jour	15,5	16,5
METHIONINE en g/jour	0,36	0,36
TRYPTOPHANE en g/jour	0,17	0,17
Lysine en g/jour	0,72	0,72
A. A. soufrés tot en g/jour	0,65	0,65
Thréonine en g/jour	0,52	0,52

(1) Dr. Vétérinaire - A.E.C. - 03600 Commentry.

(2) Ingénieurs - Rhône-Poulenc Recherches. 22, avenue Montaigne  
75008 Paris.

On notera que selon ces normes, la méthionine (et non les acides aminés soufrés totaux) et le tryptophane sont les acides aminés essentiels les plus importants. Les ingérés énergétique et protéique minima sont les seules variables qui dépendent de la souche.

Il faut souligner, après Harms et coll. (Harms, R.H. et al. 1978. Feedstuffs 50 (8) : 23.4) que "les poulets ne mangent pas pour satisfaire leur besoin énergétique, mais adaptent simplement leur consommation pour satisfaire à leur appétit". Aussi la régulation de l'appétit chez la poule pondeuse a-t-elle fait l'objet d'une attention particulière. Il résulte de nos premières expériences que la carence en certains acides aminés, (tels que la lysine), entraîne une baisse à la fois de la consommation et des performances, tandis que d'autres carences (méthionine, par exemple) ont seulement une influence sur la production d'oeufs. Ces constatations se lisent sur le tableau ci-joint, relatif à 30 poules de race Leghorn Blanche, par régime correspondant pendant 40 semaines (de l'âge de 24 à l'âge de 64 semaines) ; et où sont explorés 7 régimes différents.

REGIME de BASE	Prot. Br. %	LYS %	MET%	ALIMg/j	FONTE%	FDS oe.	Prod.oe g/j
MAIS + GLUTEN de MAIS + TOURTEAUX de TOURNESOL	15	0,45	0,34	89 a	61,4 a	53,6 a	32,9 a
		0,54	0,34	99 b	68,6 b	56,7 b	38,8 b
		0,69	0,34	104 c	76,0 c	58,9 c	44,8 c
MAÏS + TOURTEAU de SOJA	15	0,74	0,27	106,6	76,2 a	59,9	45,7 a
		0,74	0,32	106,5	80,4 db	60,9	48,9 b
		0,74	0,37	107,5	82,9 b	60,2	49,8 b
		0,74	0,41	108,5	82,8 b	60,2	49,8 b

Dans ce tableau on a signalé par des lettres les valeurs considérées comme significativement différentes (au seuil  $P < 0,05$ ), compte-tenu de l'échantillon étudié.

Un aspect conjoint de ce problème, est l'action de l'équilibre des acides aminés sur l'appétit. Disons en bref qu'il peut s'agir d'une action directe, et non de la conséquence d'une augmentation de la production (bien que ceci ait été suggéré par de nombreux auteurs). Des poules pondeuses, sous-consommant un régime hypoprotéique, recouvrent immédiatement une consommation alimentaire normale, quand on leur distribue un régime témoin ; tandis que la production met un mois à revenir au niveau des témoins.

Ceci étant rappelé, nous énoncerons quatre hypothèses fondamentales qui sont à la base de nos recherches expérimentales et de leur exploitation par l'analyse des données rapportée ici.

1 . Le véritable besoin en protéine brute doit être nettement inférieur à 15g/jour.

2 . L'équilibre optimum entre les acides aminés essentiels est encore inconnu.

Ces deux premiers points expliquent les résultats variables et contradictoires rapportés dans la littérature.

3 . A cause de variations individuelles importantes entre poules pondeuses, il semble nécessaire de contrôler individuellement les animaux, en rassemblant un maximum de données et en travaillant sur une variété de cas aussi grande que possible : les résultats devant être soumis à l'analyse statistique multidimensionnelle.

4 . Afin d'obtenir de bonnes estimations, en vue d'applications pratiques éventuelles, il faut soumettre des animaux hautement productifs à des régimes à bas taux protéiques.

## 2 Analyse des consommations et performances de 286 poules pondeuses soumises à divers régimes

Au non initié \* nous rappellerons que la ponte d'une poule est rythmée selon plusieurs cycles :

cycle annuel : du printemps à l'hiver, avec arrêt puis reprise.

cycle dit des "séries de ponte", correspondant à une couvée de poussins.

cycle journalier : les 24 h. nécessaires à la fabrication d'un oeuf.

Notre but est ici d'étudier toutes les variables enregistrées , pour 286 pondeuses, durant les 280 jours de ponte d'un cycle annuel ; sans en négliger l'évolution temporelle.

Dans l'analyse rapportée ici, on étudie la correspondance entre les modalités de deux groupes de variables : d'une part des *variables de performance* (taux et rythme de ponte et évolution du poids des oeufs) et d'autre part des *conditions nutritionnelles* (régime, consommation alimentaire et gain de poids).

2.1 Description des performances : Quatre variables concernent le taux et le rythme de ponte, et deux l'évolution du poids des oeufs.

PAU : total des arrêts, i.e. nombre total de jours sans oeuf dans la période de 280 jours. Cette variable dont les valeurs typiques vont de 40 à 90 jours est découpée en cinq modalités numérotées de PAU1 (moins de 40 jours sans oeufs : donc forte ponte) à PAU5 (plus de 95 jours d'arrêt : faible ponte).

$P = 1$  : nombre total d'arrêts ne durant qu'un jour (i.e. de jours sans oeuf encadrés entre deux jours de ponte) ; est découpée en quatre modalités de  $P = 11$  (peu d'arrêts d'un jour) à  $P = 14$  (beaucoup d'arrêts d'un jour).

$P > 1$  : nombre total d'arrêts durant plus d'un jour : quatre modalités  $P > 11$  (peu d'arrêts) à  $P > 14$  (beaucoup d'arrêts).

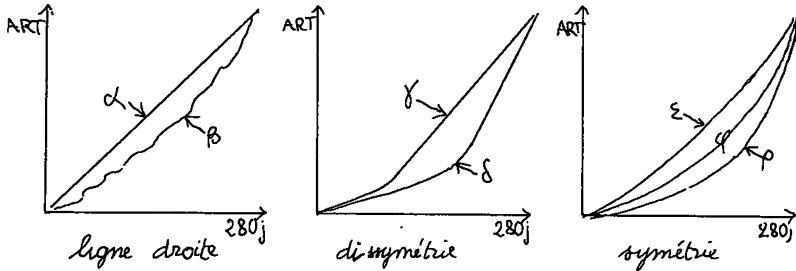
CL : classe de la courbe des arrêts cumulés. On a tracé pour chaque pondeuse la courbe donnant en fonction du temps  $t$  ( $t$  de 1 à 280 jours) le nombre total de jours sans oeuf enregistré sur l'intervalle de temps  $(0, t)$ . Présentement nous n'avons pas trouvé de méthode mathématique de classement appropriées à ces courbes (l'analyse de correspondance pourra toutefois nous en fournir : e.g. en décrivant chaque série de 280 jours par 20 variables : nombre de jours d'arrêt et nombre d'oeufs dans chacun des 10 mois \*\*) : les classes principales de courbes

\* Pour l'initié nous suggérons la lecture de deux publications se rapportant à cette expérience : H. Picard et A. Brette : *Proc. Nut. Conf. for Feed Manufacturers 1979*, pp 26-35. Ed. by the University of Maryland U.S.A. .

H. Picard : *Food Intake regulation in poultry 1979* pp 127-140. Ed. by K.N. Boorman and B.M. Freeman, Br. Poult. Sci. Ltd, Edinburgh, Scotland.

\*\* cf. appendice A. Haddouch.

ont été définies par le consensus de trois juges qui ont reconnu les formes typiques présentées ci-dessous, avec toutefois une vingtaine de courbes atypiques éliminées du présent exposé  $\alpha = \text{CL10}$ ,  $\beta = \text{CL11}$  ;  $\gamma = \text{CL21}$ ,  $\delta = \text{CL22}$ .



N.B. : Dans les courbes ci-dessus, il ne faut pas tenir compte de l'échelle d'ordonnée (échelle PAU) qui a été ajustée pour chaque courbe en sorte que le nombre total d'arrêt sur 280 j. soit représenté par une longueur fixe (égale à celle représentant en abscisse, l'intervalle de 280 j.). Sur les listages on a noté :  $\alpha = \text{CL10}$ ,  $\beta = \text{CL11}$  ;  $\gamma = \text{CL21}$ ,  $\delta = \text{CL22}$  ;  $\epsilon = \text{CL31}$ ,  $\varphi = \text{CL32}$ ,  $\rho = \text{CL33}$ .

Quant à l'évolution temporelle du poids des oeufs elle est ici définie par une formule logarithmique, obtenue par régression à partir des poids moyens calculés  $\text{pmoeuf}(tm)$  calculé pour chaque mois  $tm$  de 28 jours ( $tm$  variant ici de 1 à 10) :

$$\text{pmoeuf}(tm) = a + b \log(tm).$$

Les paramètres  $a$  et  $b$  ont été ensuite découpés en classe  $mt$  :

CST : le paramètre  $a$  ("constante") découpé en 5 classes de CST1 à CST5.

COE : le paramètre  $b$  ("coefficient") découpé en 5 classes de COE1 à COE5.

2.2 Description des conditions nutritionnelles : Nous retenons trois variables nutritionnelles susceptibles d'expliquer les performances despondeuses :

REG : On a essayé dix régimes, diversement enrichis ou carencés... soit pour la variable REG 10 modalités, numérotées de REG0 à REG9. (Le nombre des animaux étant sensiblement le même pour chaque régime à quelques unités près).

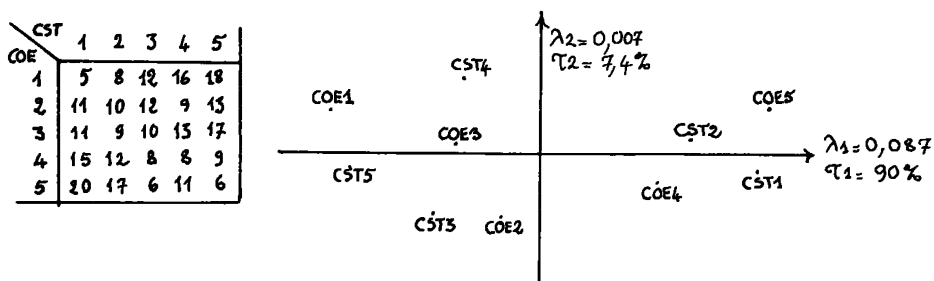
PDS : Le gain de poids ; avec trois modalités : PDS0 = moins de 300g ; PDS1 = de 300 à 500g ; PDS2 = supérieur à 600g.

CO : La consommation : ou ingéré journalier moyen en grammes (compte-tenu de ce que le régime proposé a été maintenu constant, l'ingéré journalier n'a pas varié notablement du jour 1 au jour 280). Cette variable a été découpée en 7 modalités numérotées de CO1 à CO7.

2.3 L'analyse de correspondance : On considère ici l'analyse du tableau  $30 \times 20$  croisant 30 modalités de variables de performance avec 20 modalités des conditions nutritionnelles (Il s'agit donc d'un sous-tableau

du tableau de Burt  $50 \times 50$ , qu'on peut construire en croisant entre elles toutes les modalités de performance ou de conditions nutritionnelles). Les deux premières valeurs propres totalisent à peu près 75% pour de l'inertie ; et il nous a paru satisfaisant de borner à ce plan l'interprétation.

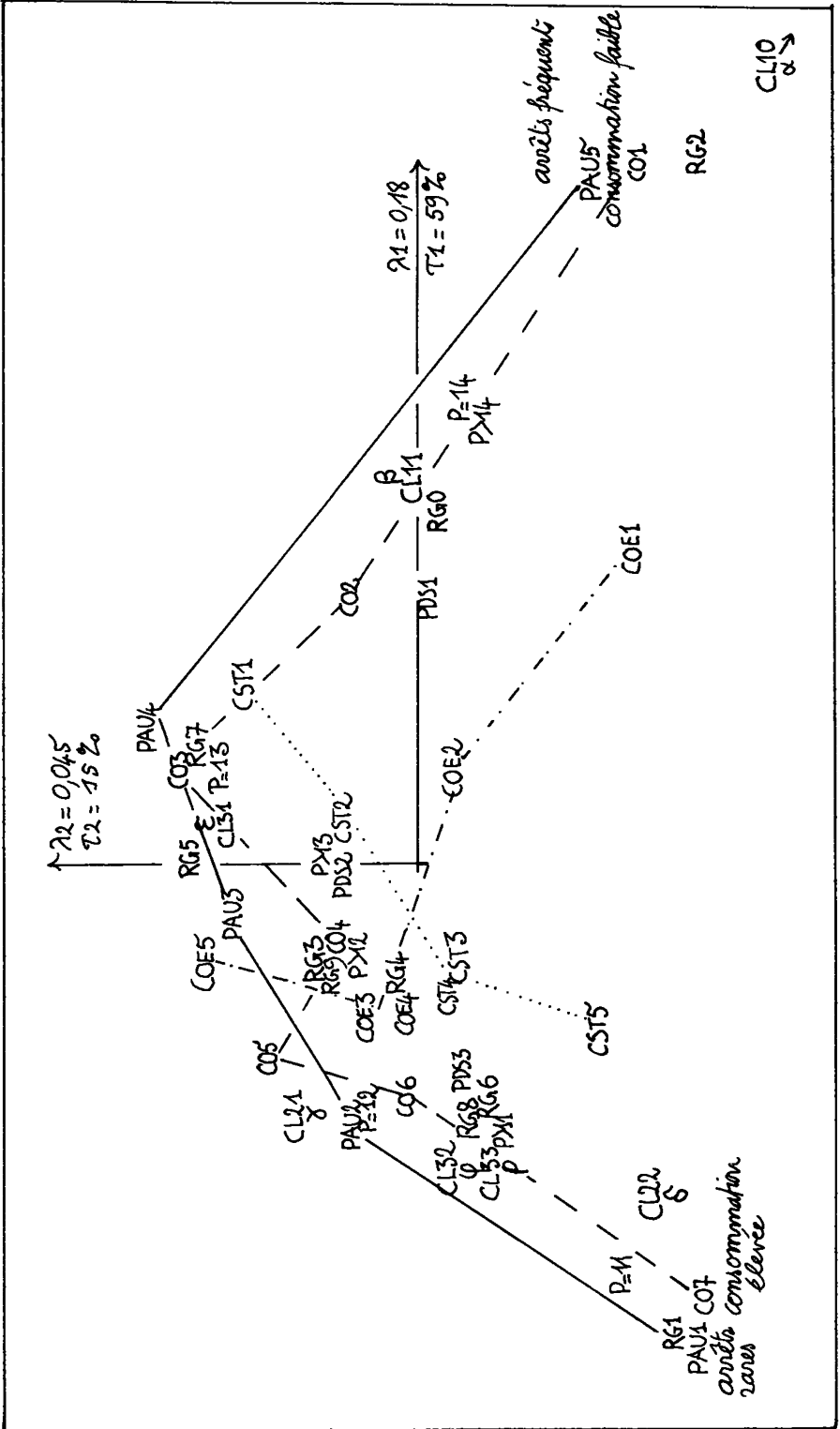
Dans le plan, les modalités de la plupart des variables s'échelonnent suivant une ligne courbe (approximativement parabolique : c'est ce qu'on appelle l'effet Guttman...) depuis les faibles performances, associées aux faibles consommations, jusqu'aux meilleures performances associées aux consommations les plus fortes. Le long de cette courbe, les classes de forme de courbes d'arrêt (variable CL) s'échelonnent dans l'ordre  $\alpha, \beta, \epsilon, \gamma, \varphi, \rho, \delta$ . Donc un taux constant d'arrêt ( $\alpha$ ) ne se réalise que dans les cas où il y a beaucoup d'arrêts (basse performance) ; au contraire les meilleures performances ne peuvent se maintenir durant tout le cycle annuel : après une croissance initiale très faible, la courbe des arrêts cumulés prend une pente plus forte (modèle). En général, le taux d'arrêt va croissant, et c'est pourquoi toutes les courbes (e.g.  $\epsilon, \varphi, \rho, \dots$ ) tournent leur concavité vers le haut. Seules s'écartent nettement du dessin général les variables COE et CST qui décrivent les courbes de croissance du poids des oeufs. En bref le paramètre CST (qui correspond au poids des oeufs en début de cycle) semble être à sa plus faible valeur CST1 pour un régime d'arrêts fréquents allant de PAU5 à PAU3 ; et tend à avoir des valeurs plus fortes pour les plus hautes performances. Le coefficient COE (qui examine la croissance du poids des oeufs) semble atteindre son maximum COE5 au niveau des performances moyennes (PAU3) ; le point COE1 (quasi-absence de croissance) se place franchement à l'intérieur du croissant..., mais plus près de PAU5 (basse performance) que de PAU1 (haute performance) : ce qui indique que l'absence de croissance se rencontre à la fois chez les poules aux arrêts nombreux, et (à un moindre degré) chez les poules qui sont les plus constantes.



ANALYSE du tableau de correspondance entre les modalités des deux paramètres de la courbe de variation du poids des oeufs.

Ceci appelle diverses suggestions :

a) Dans le plan  $1 \times 2$ , les modalités des paramètres CST et COE décrivent approximativement des segments de droite orthogonaux. Si la distribution des individus dans le plan  $1 \times 2$  possédait la symétrie circulaire, cette orthogonalité s'interpréterait immédiatement comme une indépendance statistique. En fait la situation est plus complexe : puisque  $\lambda_2 \approx \lambda_1/4$  il faut pour obtenir une distribution des individus qui (au moins quant aux moments d'inertie) possède la symétrie circulaire, multiplier par 2 le deuxième facteur (ce qui équivaut à prendre pour coordonnées les facteurs  $\varphi_1, \varphi_2$  non corrélés, de variance 1). Alors les lignes de CST et COE ne seront plus orthogonales, mais feront un angle aigu comprenant à son intérieur l'axe 2. Ce qui prouve l'existence entre CST et COE d'une corrélation négative rapprochant les modalités CST5 et COE1 (ou CST1 et COE5). L'examen, puis l'analyse du tableau de



correspondance entre les modalités de CST et COE montre également cette corrélation négative (d'ailleurs faible puisque la première valeur propre est  $\approx 0,09$  ; mais significative au sens du critère du  $\chi^2$ ). Donc bien que dans l'analyse générale les modalités COE1 et CST1 apparaissent, comme il se doit, associées aux faibles performances, tandis que COE5 et CST5 vont avec les hautes performances, il y a entre ces deux paramètres un certain effet de compensation ; comme si une forte valeur initiale du poids des oeufs (CST fort) prédisposait à une moindre croissance de ce poids (COE faible) : ce qui est somme toute explicable.

b) Il y a manifestement un lien entre la croissance du poids des oeufs, et la multiplication graduelle des arrêts : ceci compensant cela. De façon précise, on gagnerait donc à calculer pour chaque animal le poids total des oeufs pondus sur les 280 j., et aussi le poids pondu dans chaque tranche de 28 jours, poids mensuel dont on étudierait la variation au cours du temps. De même qu'on a essayé plus haut d'analyser le tableau à 20 col. recensant pour chaque mois le nombre des poids et des jours d'arrêts, on pourrait analyser le tableau à 10 col. recensant les masses produites chaque mois.

Enfin nous signalerons qu'en comparant la composition des différents régimes, qui en efficacité croissante s'échelonnent dans l'ordre 2,0,7,5,3,9,4,8,6,1 (cf. graphique) les actions spécifiques des acides aminés considérés isolément n'apparaissent pas, contrairement à beaucoup d'idées émises... Toutefois pour y voir plus clair, il nous faudra reprendre les données pour créer des variables telles que COM "consommation en Méthionine", COT "consommation en tryptophane" etc., découper celles-ci en classes, et les adjoindre en éléments supplémentaires à la présente analyse. Les modalités croisant deux telles variables (e.g. beaucoup de M, avec peu de T etc.) pourraient également nous éclairer.

Quant aux individus il est possible de les adjoindre en éléments supplémentaires à la présente analyse de deux manières : d'une part, d'après leur profil de performance et d'autre part d'après leur profil nutritionnel. La comparaison des deux points ainsi associés à un même individu pourrait montrer soit une avance soit un retard de la performance relativement à la nutrition ; ce qui pour le choix des variétés à élever n'est pas sans intérêt.