

Réponse à la chaleur de poules pondeuses issues de lignées sélectionnées pour une faible (R^-) ou forte (R^+) consommation alimentaire résiduelle

A Bordas, F Minvielle

*Laboratoire de génétique factorielle,
Institut national de la recherche agronomique
78352 Jouy-en-Josas cedex, France*

(Reçu le 6 janvier 1997; accepté le 21 avril 1997)

Summary – Effects of temperature on egg laying hens from divergent lines selected on residual feed consumption. A sample of females from the 19th generation of the ' R^- ' and ' R^+ ' lines divergently selected for the residual feed intake in the laying period was separated at 18 weeks of age in climatic rooms into two groups, one kept at a constant temperature of $21 \pm 1^\circ\text{C}$ (control), the other kept at $31 \pm 1^\circ\text{C}$ ('heated' group). Egg production was recorded until the age of 45 weeks, individual feed consumption was measured between the ages of 31 and 35 weeks, and water consumption was measured at 51 weeks. The usual effects of high ambient temperature compared to moderate temperature were observed in both lines: reduction of food intake (-16%), egg number and egg mass (-13%), mean clutch length, more days of pauses, depression of body weight (-8%) and mean egg weight (-4%). Similarly, over both treatments, the differences found previously between lines in total feed consumption (25%) and in its residual part (19%), in comb and wattle size, shank length and in water intake (51%) were observed. However, for several variables the line \times treatment interaction was significant, especially for residual food intake, water intake, 48-week body weight and adult body weight variation, indicating that the 'overconsuming line' (R^+) was better adapted to the high temperature with a reduction in egg number of only 10% versus 22% for the 'underconsuming' line (R^-). The better adaptation of the R^+ line may be due partly to a reduction of thermogenesis during feeding, and perhaps more probably to a higher capacity for heat dissipation. Finally, breeding for a laying hen with better food efficiency, which has been found to be advantageous in a temperate environment, shows some limits at high temperature.

**laying hen / selection / residual food consumption / temperature / interaction
line \times temperature**

Résumé – Un échantillon de poules issu de la 19^e génération des lignées « R^- » « R^+ » sélectionnées de façon divergente sur la fraction résiduelle de la consommation alimentaire en période de ponte a été réparti à partir de 18 semaines dans des chambres conditionnées

en deux lots : l'un maintenu à température constante de $21^{\circ} \pm 1^{\circ}C$ (lot témoin) l'autre à $31^{\circ} \pm 1^{\circ}C$ (lot chauffé). La ponte était enregistrée jusqu'à l'âge de 45 semaines, la consommation individuelle d'aliment était mesurée entre les âges de 31 et 35 semaines, et la consommation d'eau à 51 semaines. Sur l'ensemble des deux lignées on retrouve les effets habituels de la température élevée comparée à une température modérée : réduction de la consommation d'aliment (-16 %), du nombre et de la masse des œufs (-13 %), de la longueur des séries, du poids corporel (-8 %), du poids moyen de l'œuf (-4 %) et augmentation des pauses. De même sur l'ensemble des traitements on observe les écarts déjà connus entre lignées : différence de la consommation alimentaire totale et de sa fraction résiduelle représentant respectivement +25 et 19 % de la consommation alimentaire moyenne, de la taille de la crête et des barbillons, du tarse ainsi que de la consommation d'eau (+51 % de la consommation moyenne). Cependant pour plusieurs variables les interactions « lignée \times traitement » se sont révélées significatives, particulièrement pour la composante résiduelle de l'ingestion alimentaire, la consommation d'eau, le poids à 48 semaines et la variation de poids adulte indiquant que la lignée « surconsomatrice » s'adapte mieux à la température élevée avec par ailleurs une réduction de la ponte de seulement 10 contre 22 % en lignée « sous consommatrice ». Il est suggéré que la meilleure adaptation de la lignée R^+ serait due peut être pour partie à une diminution de sa thermogénèse alimentaire mais plus sûrement à un accroissement de ses dépenses caloriques. En conclusion, la sélection dans le sens d'une poule plus « économe » d'aliment pour la ponte, intéressante en ambiance tempérée, présente des limites à température élevée.

poule pondeuse / sélection / consommation alimentaire résiduelle / température / interaction lignée \times température

INTRODUCTION

À partir d'une population de base Rhode Island Red, une sélection divergente sur la fraction résiduelle de la consommation alimentaire de coqs et de poules adultes a été poursuivie depuis 1976 (Bordas et Mérat, 1984; Bordas et al, 1992). La fraction résiduelle correspond à l'écart de la consommation observée à une valeur prédite par régression multiple sur le poids, la variation de poids et la production d'œufs (Byerly et al, 1980). À la 19^e génération de sélection la différence entre lignées pour ce paramètre chez les poules en ponte dépasse 25 % de la consommation moyenne d'aliment des deux lignées.

Associée à cette différence d'ingestion d'aliment, Géraert et al (1991) puis Gabarrou et al (1996) ont montré que ces deux lignées présentaient une thermogénèse différente : alors qu'elles ont sensiblement la même dépense énergétique basale, la lignée R^+ est caractérisée par une thermogénèse induite par l'aliment particulièrement élevée (+ 84 % par rapport à la lignée R^- chez les coqs). À température élevée, supérieure à $30^{\circ}C$, l'ingestion plus faible d'aliment de la lignée R^- accompagnée de la thermogénèse alimentaire réduite pourrait être supposée favorable pour maintenir une bonne production. Un essai préliminaire réalisé en 1992 a montré au contraire une diminution plus importante des performances de ponte dans cette lignée notamment du nombre d'œufs, de l'intensité de ponte, et une augmentation du pourcentage d'œufs cassés. En revanche, la dépression observée sur la consommation d'aliment était plus importante dans la lignée R^+ à forte consommation avec en particulier la fraction résiduelle réduite de 70 %. Les résultats de

ce premier essai étant de portée limitée à cause d'un problème sanitaire, une nouvelle expérience s'avérait indispensable pour les confirmer. C'est l'objet du présent travail.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Animaux et conditions expérimentales

Environ 300 poussins femelles provenant de la 19^e génération des lignées à faible (R⁻) et forte (R⁺) consommation alimentaire résiduelle étaient éclos en une éclosion unique le 18 novembre 1994. Pour le présent travail les animaux de chaque lignée étaient issus de neuf coqs accouplés chacun à six poules. Les caractéristiques de ces lignées ont été décrites par ailleurs (Bordas et Mérat, 1984; Bordas et al, 1992).

Les poulettes étaient élevées au sol avec un aliment à 20 % de protéines brutes et 2 800 kcal/kg EM jusqu'à l'âge de 10 semaines, puis 15,3 % de protéines brutes et 2 750 kcal/kg EM de 10 à 18 semaines. Durant cette période d'élevage la température d'environ 32 °C à 1 j diminuait progressivement pour atteindre 22 °C à 4 semaines et se maintenir à environ 20 °C jusqu'à 18 semaines.

À l'âge de 18 semaines, 96 poules de chaque lignée étaient transférées en nombre égal dans quatre cellules conditionnées équipées de cages individuelles. Deux de ces cellules étaient maintenues à la température constante de 21 ± 1 °C (lot témoin) et les deux autres après une période de transition de 2 semaines, à la température constante de 31 ± 1 °C (lot chauffé) jusqu'à la fin de l'expérience, c'est-à-dire 48 semaines. Les poules issues de chaque coq étaient réparties également entre les deux lots expérimentaux. À partir de 18 semaines elles recevaient 14 h d'éclairage artificiel par 24 h, et étaient nourries ad libitum avec un aliment commercial sous forme de farine contenant 15,5 % de matières azotées totales, 2 650 kcal/kg EM et 3,4 % de calcium.

Mesures – Analyses statistiques

La liste des variables étudiées figure dans le tableau I. Les performances de ponte se rapportent à la période allant du 1^{er} œuf à l'âge de 45 semaines. Le nombre d'œufs, l'intensité de ponte (rapport du nombre d'œufs au nombre de jours de contrôle depuis le 1^{er} œuf), la longueur moyenne des séries (jours successifs de ponte sans interruption), le pourcentage de jours de pauses (arrêts de ponte d'au moins 2 j consécutifs), le pourcentage d'œufs cassés, mous (sans coquille) ou à deux jaunes portent sur la période précédemment définie. Le poids moyen des œufs est estimé sur une période de 2 semaines de ponte aux âges de 34 et 35 semaines.

Sur une période de 28 j entre les âges de 31 et 35 semaines, la consommation d'aliment et la masse d'œufs étaient mesurées par poule ainsi que le poids corporel et sa variation entre le début et la fin de la période. La consommation résiduelle, écart entre la consommation observée et la consommation théorique est déduite à partir d'une équation de régression linéaire multiple ayant comme variables explicatives le poids corporel moyen durant cette période (P) sa variation (ΔP) et la masse d'œufs (E) (Byerly et al, 1980). Dans la mesure où les coefficients des équations calculées

par lignée et traitement ne différaient pas significativement une équation unique donnant en g/28 j la consommation théorique a été utilisée :

$$T = 85,10 P^{0,5} + 2,09 \Delta P + 1,29 E - 2466$$

Les mesures corporelles, longueur des barbillons, longueur de tarse et température rectale étaient prises à l'âge de 35 semaines.

La mesure de consommation d'eau était effectuée sur une période de 7 j à l'âge de 51 semaines sur un échantillon de 24 poules par lignée et traitement. Enfin une mesure indirecte de l'engraissement adulte était déduite par différence entre le poids à 48 semaines et le poids à 27 semaines après un jeûne de 18 h, déduction faite du poids de l'œuf en formation au moment de la pesée (Leclercq et al, 1977).

Pour chaque variable (après transformation en arc sinus racine carrée pour les variables exprimées en pour cent), une analyse de la variance a été réalisée selon le modèle linéaire suivant :

$$X_{ijklm} = \mu + T_i + L_j + R_k + (C/L \times R)_{jkl} + (T \times L)_{ij} + (T \times (C/L \times R))_{ijkl} + e_{ijklm}$$

Dans ce modèle, X_{ijklm} représente la mesure sur la poule m issue du coq l dans la répétition k et la lignée j et qui a été soumise au traitement i , T_i est l'effet fixe du traitement i , L_j est l'effet fixe de la lignée j , R_k est l'effet fixe de la répétition k , $(C/L \times R)_{jkl}$ est l'effet aléatoire du coq l (le père de la poule m) dans la lignée j et la répétition k , $(T \times L)_{ij}$ est l'interaction entre les effets du traitement et de la lignée, $(T \times (C/L \times R))_{ijkl}$ est l'interaction entre les effets du traitement et du coq, et e_{ijklm} est l'erreur aléatoire résiduelle.

Le terme $(C/L \times R)$ est également le terme d'erreur approprié pour tester les effets de la lignée L et de la répétition R . De même, $(T \times (C/L \times R))$ est le terme d'erreur pour tester les effets du traitement T et de l'interaction $T \times L$. Enfin, l'effet du père $C/L \times R$ est testé par rapport au terme d'erreur résiduelle e_{ijkl} .

On notera qu'on a inclus un effet répétition dans le modèle linéaire bien que les conditions de milieu aient été maintenues identiques, au degré près, pour chaque traitement dans les chambres conditionnées et que les animaux de chaque lignée aient été également répartis dans les cellules. En effet, à cause de la taille limitée de chaque famille, chaque coq n'est représenté par ses filles que dans deux des quatre cellules, une cellule témoin et une cellule chauffée. Cet ensemble de deux cellules constitue alors une répétition, l'effet du père est donc niché dans la combinaison de la lignée et de la répétition pour l'analyse statistique. Toutes les analyses ont été effectuées avec la procédure GLM du progiciel Sas (Sas Institute, 1988).

RÉSULTATS

La mortalité pendant l'expérience a été faible et peu différente, avec 1, 0, 1 et 2 morts respectivement chez les R^- et R^+ témoins et chauffés.

Les moyennes des moindres carrés selon le traitement et la lignée sont données aux tableaux I, II et III. Dans ces tableaux figurent également les rapports correspondants en pourcentage (lot chauffé/lot témoin au total et intra lignée) et la signification des effets principaux et de l'interaction entre traitement et lignée.

Table I. Variables concernant la production d'œufs.

Variable	Tempé- rature	Lignée	Inter- action	Répéti- tion	Père	Moyenne des moindres carrés		Lot chauffé/lot témoin (%)				
						Témoin		Chauffé		Total	R ⁻	R ⁺
						R ⁻	R ⁺	R ⁻	R ⁺			
Age au 1 ^{er} œuf (j)						158,8	156,7	164,7	159,1	102,7	103,7	101,5
Nombre d'œufs	***	**			***	110,4	124,3	85,7	111,2	84,0	77,6	89,5
Intensité de ponte (%)	***	**				70,1	77,3	58,9	69,6	87,1	84,0	90,0
Longueur des séries (j)	***	***			**	3,4	4,7	2,4	3,6	74,0	70,6	76,6
Pauses (%)	*					12,6	11,1	20,9	15,6	153,5	165,9	140,5
Œufs mous (%)						2,4	4,8	2,7	2,9	77,9	112,5	60,4
Œufs doubles	*	*				0,88	1,93	0,71	1,11	65,0	80,7	57,5
Œufs cassés (%)		*			***	11,4	23,2	15,7	25,6	119,1	137,7	110,3
Poids moyen de l'œuf (g)	***	*			***	53,5	53,0	52,3	50,4	96,4	98,1	95,1

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Table II. Variables caractérisant l'efficacité alimentaire.

Variable	Température	Lignée	Inter-action	Répétition	Moyenne des moindres carrés Lot chauffé/lot témoin (%)						
					Témoin		Chauffé		Total	R ⁻	R ⁺
					R ⁻	R ⁺	R ⁻	R ⁺			
Poids corporel moyen (g)	P	***		**	2 081	2 157	1 937	1 946	91,6	93,6	90,2
Variation de poids (g)	ΔP	***		*	72,4	70,0	35,2	29,2	45,2	48,6	41,7
Masse d'œufs (g)	E	***	*	**	1 144	1 226	989	1 069	86,8	86,5	87,2
Consommation d'aliment (g)	O	***	***	***	2 712	3 541	2 328	2 942	84,3	85,8	83,1
Consommation résiduelle (g)	R	***	***	**	-300	339	-256	217	-	85,3	64,0
O/E		***	***	*	2,42	2,94	2,50	2,84	99,6	103,3	96,6

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Table III. Variables pondérales, morphologiques et physiologiques.

Variable	Tempé- rature		Lignée		Inter- Répéti- tion		Père		Moyenne des moindres carrés		Lot chauffé/lot témoin (%)		
									Chauffé				
	R ⁻	R ⁺	R ⁻	R ⁺	R ⁻	R ⁺	R ⁻	R ⁺	R ⁻	R ⁺	Total	R ⁻	R ⁺
Poids à 8 semaines (g)	***						**	678	613	667	603	-	-
Poids à 18 semaines (g)							***	1 674	1 673	1 654	1 672	-	-
Poids à 27 semaines (g)	***		**				*	1 973	2 048	1 824	1 873	91,9	92,4
Poids à 48 semaines (g)	***		*	**			*	2 225	2 345	2 117	2 055	91,3	95,1
Variation de poids adulte (g)	*		*				***	252	297	292	182	86,5	115,9
Barbillons (mm)	***						*	19,6	30,6	20,8	34,6	110,4	106,1
Tarses (mm)	***						**	103,9	112,3	104,5	111,8	100,0	100,0
Température rectale (°C)	*						*	40,5	40,6	40,6	40,7	100,2	100,2
Consommation d'eau (g/jour) ^a	*						***	225	349	257	465	125,8	114,2
Eau/aliment ^a	***						***	2,37	2,71	3,36	4,57	155,9	141,8
Eau/poids à 48 semaines ^a	**						***	0,10	0,14	0,12	0,22	140,1	120,0

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; ^a il n'y a pas de répétition pour ces variables.

Étudier l'effet du père ne constituait pas un des objectifs de cette expérience mais l'inclure dans le modèle linéaire pour l'analyse statistique était nécessaire pour tester les effets de la lignée et de l'interaction température \times lignée. Comme on pouvait s'y attendre, l'effet du père s'est avéré significatif pour toutes les variables pondérales et pour plusieurs variables de la ponte, confirmant qu'il subsistait de la variation dans chacune des deux lignées. L'effet de la répétition est significatif, pour le poids corporel à partir de 27 semaines, pour la masse d'œuf E et corrélativement pour le rapport O/E à l'avantage de l'autre répétition. Ces effets de « bloc » liés certainement aux différences entre les pères utilisés pour les deux répétitions légitiment l'inclusion de ce facteur de variation dans le modèle mais ne modifient pas les résultats des tests concernant les effets principaux et leur interaction obtenus à partir d'une analyse préliminaire sans l'effet de la répétition.

Effets de la température

Ces effets ne se font évidemment sentir que sur les caractères mesurés postérieurement à la mise en cages (18 semaines). On retrouve sur l'ensemble des deux lignées les effets habituels d'une température élevée (31 °C) comparée à la température modérée de 21 °C : réduction de la consommation alimentaire globale (-16 %), du nombre et de la masse des œufs (-13 % environ), de l'intensité de ponte et de la longueur des séries, augmentation du pourcentage de jours de « pauses » (+ 54 %), réduction du poids corporel adulte (-8 %) et de sa variation et plus modestement du poids moyen des œufs (-4 %). On peut noter également une augmentation de la consommation d'eau + 26 % en valeur absolue ou + 56 % pour le rapport à la quantité d'aliment ingérée et de 40 % par rapport au poids adulte. En revanche il n'y a pas d'effet significatif sur la consommation alimentaire résiduelle (R) ni sur le pourcentage d'œufs cassés. L'effet s'avère significatif sur la température rectale mais n'excède pas 0,1 °C.

Effets attachés à la lignée R⁺ ou R⁻

Pour l'ensemble des deux traitements on observe entre les deux lignées les écarts signalés antérieurement (Bordas et al, 1992, 1996) : la lignée R⁻ comparée à R⁺ présente une consommation alimentaire résiduelle considérablement réduite (- 556 g en valeur absolue sur 28 j soit 19,3 % de la consommation alimentaire moyenne de l'ensemble des deux lignées), une réduction de l'ingestion totale d'aliment sensiblement plus importante soit 721 g pour 28 j (ce qui représente 25,0 % de la consommation moyenne). Le nombre d'œufs est plus élevé dans la lignée R⁺ (+ 20,0 % par rapport à la lignée R⁻) avec une intensité de ponte supérieure, des séries plus longues et un pourcentage de jours de pause un peu inférieur bien que non significativement différent. De même le pourcentage d'œufs cassés est toujours plus important dans cette lignée. Le poids corporel est toujours plus élevé à 8 semaines dans la lignée R⁻ mais il ne présente pas d'écart significatif de 18 à 48 semaines. On observe par ailleurs la plus petite taille de la crête et des barbillons ainsi que du tarse dans la lignée faible consommatrice. Enfin, sur un caractère non mesuré auparavant, la consommation d'eau, la lignée R⁺ forte consommatrice d'aliment, est aussi la plus forte consommatrice d'eau à la fois en valeur absolue (+ 51,2 %

de la consommation moyenne) mais aussi à consommation d'aliment ou à poids corporel égal.

Interaction lignée × température

Plusieurs des différences entre lignées doivent cependant être considérées séparément à chaque température, une interaction significative entre lignée et température étant observée. C'est d'abord le cas de la consommation alimentaire « résiduelle » (R) ($p < 0,01$). Alors que la chaleur affecte modérément la fraction résiduelle (R) de la consommation dans la lignée faible consommatrice (-15%), celle-ci est particulièrement réduite (-36%) dans la lignée forte consommatrice. Dans cette lignée, la consommation totale d'aliment est un peu plus diminuée par la chaleur (599 g contre 391 g en R⁻) mais en pourcentage la réduction est voisine dans les deux lignées (17 et 14% respectivement en R⁺ et R⁻).

La variation de poids au stade adulte (poids à 48 semaines moins poids à 27 semaines) présente aussi une interaction significative; elle n'est abaissée que dans la lignée R⁺. Naturellement ce résultat se répercute sur le poids à l'âge de 48 semaines, abaissé de 108 g en lignée R⁻ et de 290 g en lignée R⁺ par la température élevée. La consommation d'eau est aussi affectée différemment par la chaleur selon la lignée. Ceci est déjà sensible sur les valeurs brutes : augmentation de 32 g/j en lignée R⁻ et de 116 g/j en lignée R⁺, mais ramenée à la quantité d'aliment ingérée, l'augmentation due à la chaleur passe de 42% en lignée R⁻ à 69% en lignée R⁺. Par rapport au poids vif les différences entre lignées sont du même ordre.

Enfin, comme le montre la figure 1, bien que l'interaction pour le nombre d'œufs entre lignée et température ne soit pas significative, on note que la chaleur affecte le ponte particulièrement dans la lignée R⁻. À 45 semaines le nombre d'œufs pondus est réduit de 22,4% dans cette lignée contre seulement 10,5% dans la lignée forte consommatrice d'aliment.

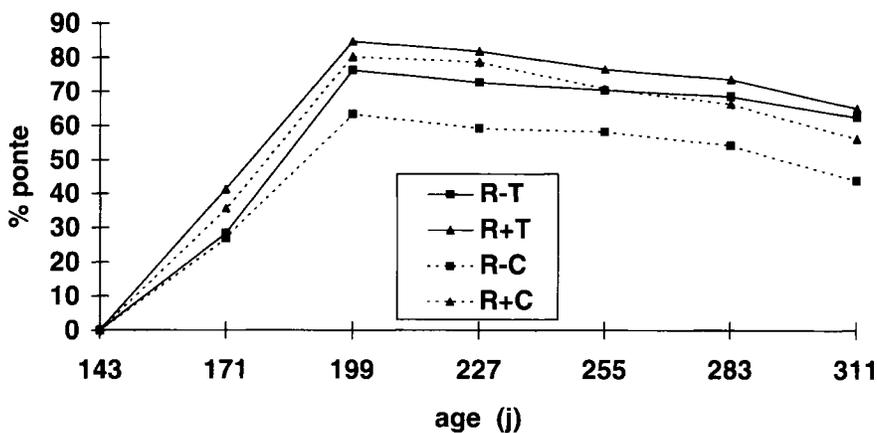


Fig 1. Courbes de ponte par lignée et traitement.

DISCUSSION

Les effets de la température ambiante paraissent suffisamment connus par ailleurs pour ne pas nécessiter de commentaire particulier. Quant à l'effet global comparé des deux lignées, les différences d'ensemble entre lignées sont du même ordre et en tout cas de même sens que celles notées dans les générations antérieures (Bordas et al, 1992 et 1996) encore que la comparaison la plus appropriée avec celles-ci concerne surtout les observations en lot « témoin », correspondant à des conditions d'environnement semblables.

Les résultats nouveaux obtenus ici, essentiellement les interactions entre lignées et traitement concernent la consommation résiduelle, le poids adulte et sa variation, et les variables se rapportant à la consommation d'eau. Pour la fraction résiduelle de la consommation (R), indépendante statistiquement de la production d'œufs et du poids corporel, qui est soumise à une sélection divergente en conditions tempérées, le sens de la différence entre lignées est conservé à température élevée, la lignée R⁺ restant la plus forte consommatrice mais cet écart est diminué de 196 g par la chaleur. Cette diminution est essentiellement due à la réduction de R dans la lignée R⁺ « surconsommatrice d'aliment », la valeur du critère R étant peu différente dans les deux milieux pour la lignée R⁻ faible consommatrice. Parallèlement la réduction due à la chaleur de la différence entre lignées pour la consommation totale observée est de 215 g, ce qui correspond globalement à celle obtenue avec la variable R. Le fait que la réduction de l'ingéré totale chez la R⁺ corresponde approximativement à la diminution de R, partie improductive de la consommation, pourrait expliquer que le nombre d'œufs et les variables associées, intensité de ponte, longueur des séries, pauses, masse d'œufs soient moins affectés par la chaleur dans la lignée R⁺. À l'inverse en effet, la lignée R⁻, dont la consommation résiduelle est déjà diminuée par la sélection pratiquée, n'aurait certainement pas la latitude pour diminuer encore davantage R à forte température comparativement à la lignée R⁺. De ce fait on peut noter également que le pourcentage d'œufs cassés et mous et le nombre de jours de pause augmentent sensiblement dans la lignée R⁻ à température élevée. Ces résultats confirment ceux obtenus dans l'essai de 1992. L'exposition prolongée à la chaleur est associée à un poids à 48 semaines relativement plus diminué, ainsi qu'à un moindre dépôt de tissu adipeux évalué par la variation de poids de 27 à 48 semaines chez la lignée R⁺ bien qu'elle soit déjà normalement plus maigre à température modérée (El Kazzi et al, 1995). De plus, la consommation supérieure d'eau de la R⁺, davantage accrue à forte température, et plus nettement encore relativement à l'aliment consommé ou au poids vif, contribuent certainement au meilleur maintien relatif du niveau de production de la lignée.

Ainsi les lignées R⁺ et R⁻ sélectionnées de façon divergente sur la fraction résiduelle de la consommation d'aliment montrent une capacité d'adaptation différente à la température élevée, la lignée R⁺ se montrant la plus adaptée. En effet, à la consommation résiduelle R davantage affectée à forte température chez la R⁺ correspondent un poids et un dépôt adipeux plus réduits chez les poules de la même lignée. Or, les effets négatifs d'un poids corporel élevé sur la thermotolérance sont connus (par exemple Gowe et Fairfull 1995). Une réduction du poids relativement plus importante en lignée R⁺ peut alors contribuer à expliquer en partie la dépression moindre de la production d'œufs de cette lignée comparativement à la lignée

R⁻. D'autre part, bien que diminuant sa consommation d'aliment à 31 °C, la lignée R⁺ augmente assez considérablement sa consommation d'eau, ce qui doit contribuer à une meilleure adaptation à cette température alors que la lignée R⁻ ne réalise cette adaptation qu'à un degré moindre. On peut donc supposer que ceci est aussi un facteur associé favorablement au maintien de la ponte chez la R⁺ à moins toutefois que ce soit ce maintien à un niveau plus élevé qui entraîne les différences observées de consommation d'eau.

Une étude plus approfondie des bases physiologiques responsables des différences de réaction des deux lignées à la température ambiante serait nécessaire. Cependant nos résultats semblent déjà indiquer que la lignée R⁺ diminue, probablement de façon limitée, sa production de chaleur tout en ayant des capacités de déperditions caloriques plus développées que la lignée R⁻. En effet on peut penser que la réduction de l'ingestion alimentaire totale et plus spécialement de la fraction résiduelle dans la lignée R⁺ entraîne une diminution de la production de chaleur notamment de la composante thermogénèse alimentaire particulièrement importante dans cette lignée à température normale (Geraert et al, 1991 ; Gabarrou et al, 1996). Chez la dinde par exemple, entre 42 et 72 j MacLeod (1985) avait suggéré que l'ingéré alimentaire était réduit lors d'un stress thermique pour diminuer la composante thermogénèse alimentaire de la production de chaleur. D'autre part, on peut penser que la plus grande taille des appendices non emplumés, crête, barbillons et tarsi (Bordas et al, 1992) s'ajoutant à une ingestion d'eau accrue augmente significativement les déperditions caloriques aussi bien par voie sensible que par évaporation dans la lignée R⁻. On peut noter d'ailleurs que la chaleur ambiante indépendamment de la lignée accroît la taille de la crête et des barbillons, appendices qui se sont développés durant cette période. Dans cet ordre d'idée, Leeson et Caston, 1993 ont montré que pendant la croissance les volailles élevées à 30 °C ont des pattes significativement plus longues que celles élevées à 18 °C.

Il apparaît clairement ici que la sélection réalisée à partir du critère consommation résiduelle pour améliorer le rendement alimentaire des pondeuses présente un maximum d'efficacité dans un environnement semblable à celui où elle a été faite, en l'occurrence en ambiance tempérée. Dans ces conditions on retrouve la supériorité considérable de la lignée économe « R⁻ » quant à l'efficacité alimentaire en période de ponte, malgré une production d'œufs devenue un peu inférieure à celle de la lignée R⁺. À température élevée en revanche l'avantage de la lignée « R⁻ » apparaît moins net car elle a alors une production d'œufs nettement plus basse bien que le rapport consommation observée sur masse d'œufs produite lui reste favorable. Cependant la capacité d'adaptation de la lignée R⁺ constitue une réponse associée inattendue mais originale de la sélection. La combinaison de cette lignée avec certains gènes majeurs (par exemple cou nu, gène de nanisme dw...) connus pour leurs effets bénéfiques sur la thermotolérance des pondeuses (Mérat 1990, Gowe et Fairfull, 1995) mériterait d'être évaluée dans la perspective d'une aviculture « fermière » en zone chaude.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé avec la collaboration technique de J Balluais et B Rivet à qui nous adressons tous nos remerciements.

RÉFÉRENCES

- Bordas A, Mérat P (1984) Correlated responses in a selection experiment on individual feed intake of adult Rhode Island Red cocks and hens. *Ann Agric Fenniae* 23, 233–237
- Bordas A, Tixier-Boichard M, Mérat P (1992) Direct and correlated response to divergent selection for residual food intake in Rhode Island Red laying hens. *Br Poult Sci* 33, 741–754
- Bordas A, Mérat P, Minvielle F (1996) Heterosis in egg-laying lines under divergent selection for residual feed consumption. *Poult Sci* 75, 20–24
- Byerly TC, Kessler JW, Gous RM, Thomas OP (1980) Feed requirement for egg production. *Poult Sci* 59, 2500–2507
- El Kazzi M, Bordas A, Gandemer G, Minvielle F (1995). Divergent selection for residual food intake in Rhode Island Red egg-laying lines: gross carcass composition, carcass adiposity and lipid contents of tissues. *Br Poult Sci*, 36, 719–728
- Gabarrou JF, Geraert PA, Francois N, Guillaumin S, Picard M, Bordas A (1996) Energy balance of laying hens selected on residual food consumption. *Br Poult Sci* (sous presse)
- Geraert PA, Guillaumin S, Bordas A, Mérat P (1991) Evidence of a genetic control of diet-induced thermogenesis in poultry. In : *Proceedings of the 12 th Symposium of Energy Metabolism of Farm Animals*, EAAP 58, 380–383
- Gowe RS, Fairfull RW (1995) Breeding for resistance to heat stress. In : *Poultry Production in Hot Climate* (NJ Dagher, ed), CAB International, Wallingford Oxon, UK, 11–29
- Leclercq B, Blum JC, Boyer JP (1977) Signification and genetic control of body weight change in hen during the laying period. *Arch Geflügelk* 41, 121–124
- Leeson S, Caston LJ (1993) Does environmental temperature influence body weight: shank length in Leghorn pullets? *J Appl Poult Res* 2, 245–248
- MacLeod MG (1985) Environment–mutant interactions in turkeys. *Turkeys* 33, 24–29
- Mérat P (1990) Pleiotropic and associated effects of major genes. In : *Poultry Breeding and Genetics* (RD Crawford, ed), Elsevier, Amsterdam, 429–467
- Sas Institute (1988) Sas User's guide : Statistics (Sas Institute Inc, Cary, NC)