

## Influence du gène *Na* (« Cou-nu ») sur la croissance, la consommation alimentaire et la composition corporelle du poulet selon la température ambiante

A. BORDAS, P. MÉRAT, D. SERGENT, F. H. RICARD\*

avec la collaboration technique de G. COQUERELLE et G. MARCHE\*

*Laboratoire de Génétique Factorielle  
Centre National de Recherches Zootechniques, I.N.R.A.  
78350 Jouy-en-Josas*

\* *Station Expérimentale d'Aviculture du Magneraud, I.N.R.A.  
17700 Surgères*

---

### Résumé

La croissance pondérale et l'efficacité alimentaire ont été comparées pour des coquelets des génotypes *Na Na*, *Na na* et *nana* (« cou nu » ou plumage normal), issus d'un croisement entre parents hétérozygotes. Ces coquelets au nombre de 20 par génotype étaient élevés en cages individuelles à une température constante de 31 °C de 2 à 10 semaines. Les animaux *Na Na* dans ces conditions consommaient plus d'aliment que les récessifs *na na*, atteignant à 10 semaines un poids corporel supérieur de 15,6 p. 100 à celui de ces derniers et avaient jusqu'à cet âge un indice de consommation apparemment meilleur. Le génotype hétérozygote était intermédiaire entre les deux homozygotes pour la croissance pondérale, mais son indice de consommation égalait celui du génotype récessif sur l'ensemble de la période 2-10 semaines.

Par contre, sur des poulettes de même origine élevées au sol sans chauffage après 4 semaines d'âge, on observe une différence non significative de croissance pondérale à l'avantage du génotype *na na*, attribuable vraisemblablement à la différence de poids du plumage entre génotypes.

Ce poids du plumage a été mesuré à 11 semaines d'âge dans les deux sexes. Il est réduit de façon hautement significative, de l'ordre de 30 p. 100 chez la poulette *Na na* et 40 p. 100 chez l'homozygote *Na Na* (la réduction paraissant moindre chez les mâles), ce qui augmente le rendement à l'abattage pour les deux génotypes comparés au génotype « normal » *na na*. D'autre part, il paraît vraisemblable que cette réduction du plumage, qui s'exerce à la fois sur la quantité globale et sur la surface emplumée, soit la cause de la moindre dépression observée sur la consommation alimentaire et la croissance pour les coquelets « cou nu » à la température ambiante élevée réalisée ici.

Des observations sur les carcasses révèlent une fréquence plus grande, en cages, d'ampoules au bréchet chez les coqs « cou nu » homozygotes, et probablement une réduction de l'épaisseur de peau associée au gène *Na*. Les corrélations phénotypiques entre certaines variables liées à la croissance et des paramètres anatomiques paraissent modifiées par la présence de ce gène.

L'intérêt d'études ultérieures est souligné en vue d'une utilisation possible du gène « cou nu » pour la production de poulets de chair dans des conditions de climat chaud et sec.

---

## Introduction

Le gène Na (« cou nu »), autosomal dominant, se caractérise par une absence de plumage sur le cou et sur d'autres parties du corps, et par une réduction du sous-plumage (HUTT, 1949). CRAWFORD (1976) et SCOTT et CRAWFORD (1977) ont montré qu'en fait, la dominance n'est pas totale; on peut distinguer de façon simple les homozygotes Na Na des hétérozygotes Nana, ces derniers ayant en particulier sur le cou au-dessus du jabot une touffe de plumes que n'ont pas les premiers. A température ordinaire, la présence de ce gène ne semble pas exercer d'influence sur la croissance des premières semaines ni sur l'efficacité alimentaire (SIMON, 1972). Le poids à 8 semaines apparaît légèrement supérieur pour les homozygotes récessifs comparés aux hétérozygotes (MÉRAT et BORDAS, données non publiées).

De plus, la lipogénèse semble augmentée chez les sujets porteurs du gène Na, qui seraient plus aptes à modifier leur thermorégulation selon les conditions externes (TOUCHBURN et BLUM, 1972).

Les performances de ponte, le poids des poules adultes et la qualité des œufs ne diffèrent pas entre les génotypes Nana et nana à température ambiante modérée (MÉRAT, données non publiées). SMITH et LEE (1977) aboutissent à une conclusion analogue, et ne trouvent pas non plus de différence associée à ce gène pour la fertilité et les caractéristiques du sperme des coqs.

A poids et production équivalents, les poules pondeuses « cou nu » hétérozygotes (Nana) présentent un excès de consommation alimentaire par rapport aux poules à plumage normal à température ordinaire (MÉRAT et BORDAS, 1974). Autour de 30 °C, il ne semble pas que le génotype Nana, en comparaison du génotype nana, s'accompagne d'une amélioration de la production d'œufs ou de l'efficacité alimentaire des pondeuses (MÉRAT *et al.*, 1974). Chez des jeunes, SMITH et LEE (1977) obtiennent moins de mortalité pour des individus Nana que pour des nana en réponse à un stress thermique.

A notre connaissance, on ne possède pas de données publiées relatives à la croissance et à la consommation alimentaire d'animaux des trois génotypes na na, Na na et Na Na à température élevée. Il nous a paru intéressant de réaliser une première expérience dans ce sens et de préciser quantitativement pour ces mêmes génotypes l'importance du plumage, ainsi que divers critères de conformation et de composition corporelle.

## Matériel et méthodes

### *Matériel animal, conditions expérimentales, critères enregistrés*

Les animaux utilisés sont la F<sub>2</sub> d'un croisement initial

$$\text{♂ na na} \times \text{♀ Na Na}$$

réalisé à l'élevage de M. S. PERRAULT (Las Costes, THIL 31).

La souche parentale mâle initiale était une souche « Chair » à plumage normal (« I66 »); la souche maternelle était une « femelle chair » dénommée « T22 », rendue homozygote pour le gène Na. Cette dernière souche est utilisée en croisement pour

fournir des poulets de chair vendus sous « label », abattus à l'âge de treize semaines.

Au total, 337 poussins des trois génotypes Na Na, Na na et na na (173 mâles et 164 femelles) sont éclos le 25-10-77 et ont été envoyés le même jour au laboratoire de Génétique Factorielle, Jouy-en-Josas (78), où la suite de l'expérience devait avoir lieu. Ces poussins étaient tous issus du même groupe de parents (15 pères et 160 mères) reproduits en masse; l'éclosion n'était donc pas pedigree.

Deux groupes ont été formés :

— les mâles ont été mis en cages (2 ou 3 par cage) dans une pièce climatisée à 34 °C initialement, cette température décroissant jusqu'à 31 °C à 15 jours d'âge. A l'âge de deux semaines, début de l'expérience, 60 de ces mâles (20 de chaque génotype), homogènes pour le poids, ont été gardés chacun en cage individuelle, à 31 °C  $\pm$  1 (« lot chauffé »), avec 14 heures de lumière et 10 heures d'obscurité par 24 heures, jusqu'à 10 semaines. Le degré hygrométrique était réglé aux environs de 50 p. 100. Ces coquelets ont reçu « ad libitum » un aliment, sous forme de granulés (18 p. 100 de protéines, 2 820 kcal./kg), pesé à chaque distribution. L'eau était fournie par des abreuvoirs à renouvellement continu. Ces 60 coqs ont été pesés toutes les deux semaines jusqu'à 10 semaines, ainsi que la nourriture restante, de façon à déterminer par individu et par période le poids (P) en fin de période, la consommation alimentaire observée (O), le gain de poids ( $\Delta P$ ) et l'indice de consommation ( $I = O/\Delta P$ ) durant cette période. A onze semaines, ces poulets ont été envoyés à la station I.N.R.A. du Magneraud (17-Surgères), pour dissection et détermination de paramètres anatomiques dont la liste figure au tableau 8. Les poids d'organes ou tissus sont exprimés en p. 100 du poids avant abattage, à l'exception du poids de peau, os et muscles (p. 100 du poids total cuisse + pilon), de l'angle de poitrine (en grades) et des ampoules au bréchet (note subjective de 1 à 6, 1 correspondant à l'absence d'ampoules). Une description plus complète de ces mesures anatomiques est donnée dans des publications antérieures (RICARD et ROUVIER, 1967; RICARD, 1972, 1974).

— 99 poulettes (36 na na, 39 Na na et 24 Na Na) ont été élevées au sol, sous éleveuse, puis sans chauffage, la température fluctuant entre 15 et 20 °C à partir de 4 semaines d'âge, avec un aliment « ad libitum » sous forme de farine (18 p. 100 de protéines, 2 820 cal/kg). Toutes les deux semaines, le poids et le gain de poids ont été déterminés pour chacune. A 11 semaines, un échantillon de 60 poulettes a été prélevé au hasard (20 par génotype), sur lequel on a mesuré le poids du plumage, par différence entre le poids corporel avant et après passage dans une plumeuse à sec. Ce poids de plumes a été rapporté au poids corporel saigné. Quatre de ces animaux (2 Na na et 2 Na Na) ont de plus servi à la localisation et à l'évaluation des surfaces emplumées. Le poids total des plumes était aussi déterminé sur les 60 coquelets élevés à 31 °C, mais avec une plumeuse à doigts après trempage, et il était rapporté au poids vif (non saigné).

Deux remarques peuvent être faites sur ce protocole. D'une part, c'est pour des raisons uniquement matérielles de limitations de place, et pour éviter des sous-groupes d'effectif trop faible, que tous les mâles ont été placés dans un milieu et toutes les femelles dans un autre. D'autre part, pour des raisons matérielles aussi la formule d'aliment couramment employée pour le reste du troupeau a été adoptée, or elle comporte une teneur en protéines trop faible pour donner la croissance maximum, en particulier en milieu « chauffé ».

*Méthodes d'analyse des résultats*

Le dépouillement des résultats a été fait séparément dans chaque sexe et pour chaque variable par analyse de variance à un facteur contrôlé (génotype au locus Na), puis tests *t* de Student entre moyennes des 3 génotypes prises 2 à 2; les corrélations entre les différentes variables ont été d'autre part calculées.

En outre, la consommation alimentaire théorique T de chaque mâle du lot « chauffé » a été estimée en fonction de son poids moyen entre 8 et 10 semaines ( $\bar{P}$ ), et de sa variation de poids ( $\Delta P$ ) pendant la même période, suivant une équation de régression multiple

$$T = aP^{0,75} + b\bar{\Delta P} + C$$

du type défini par BYERLY (1941) dans des conditions de température ordinaire, et sur poules pondeuses.

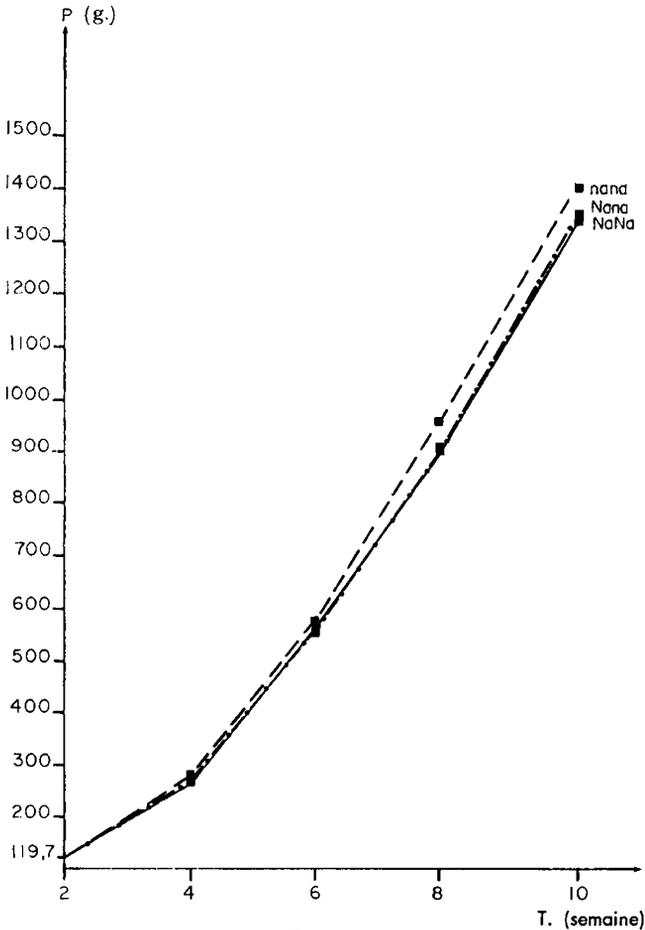


FIG. 1a.

Poulettes au sol (non chauffées après 4 s.). Poids  
Pullets on floor (unheated after 4 wks). Body weight

Cette équation permet de calculer la consommation « résiduelle » R ( $R = O - T$ ), prise pour estimation de ce que l'animal a ingéré en plus ou en moins de la consommation théorique (BORDAS et MERAT, 1974).

Nous avons établi une équation de régression pour chaque génotype, et évalué les coefficients de corrélation entre la consommation alimentaire théorique et la consommation observée, afin d'apprécier la proportion de la variance totale de cette dernière expliquée par cette relation.

## Résultats

Les résultats sont présentés dans l'ordre chronologique où ils ont été obtenus.

### a. Croissance des poulettes au sol

Les variables de croissance (Poids et gain de poids) mesurées par période de 2 semaines sur les poules au sol sont contenues dans le tableau 1 (moyennes intra-génotypes) et font l'objet des figures 1a et 1b.

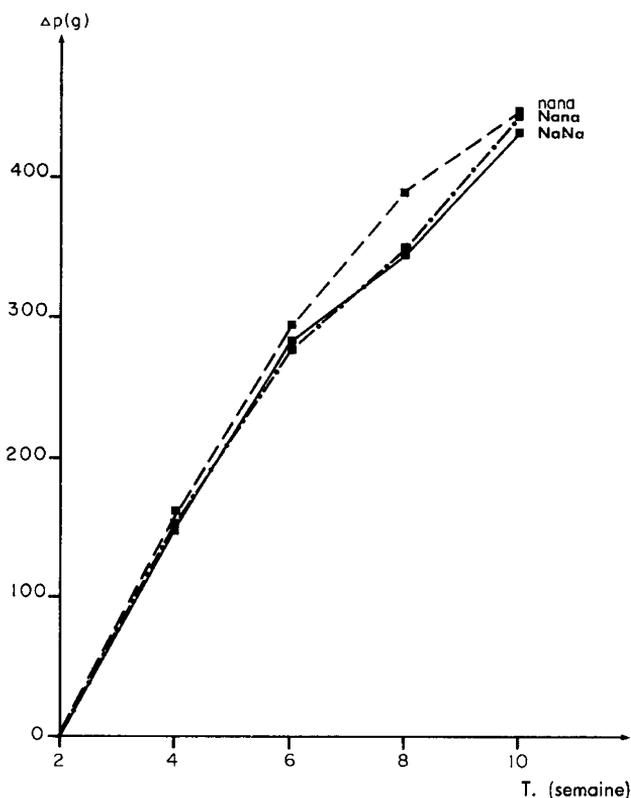


FIG. 1b.

Poulettes au sol (non chauffées après 4 s.). Gain de poids  
Pullets on floor (unheated after 4 wks). Weight gain.

TABLEAU I

Poids (P) et gain de poids ( $\Delta P$ ) : Valeurs moyennes par génotype (g)  
(poulettes au sol, non chauffées)

*Body weight (P) and weight gain ( $\Delta P$ ) : means per genotype (gms)  
(pullets on floor, without heating)*

	Age	Génotype		
		nana	Nana	NaNa
		(n = 36)	(n = 39)	(n = 24)
P	2 semaines . . . . .	120,0	120,0	119,1
	4 semaines . . . . .	279,2	270,8	267,7
	6 semaines . . . . .	570,8	548,6	551,5
	8 semaines . . . . .	951,7	896,2	895,0
	10 semaines . . . . .	1 395,8	1 338,7	1 324,6
$\Delta P$	2-4 semaines . . . . .	159,3	152,5	148,9
	4-6 semaines . . . . .	291,6	277,8	281,0
	6-8 semaines . . . . .	380,8	347,3	343,5
	8-10 semaines . . . . .	444,2	442,6	429,6

TABLEAU 2

Poulettes élevées au sol : Analyses de variances pour les poids (P) et gains de poids ( $\Delta P$ )  
par âge

*Pullets raised on floor : variance analyses for weight (P) and weight gain ( $\Delta P$ )  
per age*

	Source de variation et test F	Age (ou fin de période de 2 semaines)				
		2 semaines	4 semaines	6 semaines	8 semaines	10 semaines
P	Génotype . . . . .	6,99	1 116,34	5 185,38	35 870,28	46 228,45
	Résiduelle . . . . .	229,13	1 774,90	6 742,67	14 114,82	17 032,36
	Rapport F . . . . .	0,03	0,62	0,76	2,54	2,71
$\Delta P$	Génotype . . . . .	—	842,60	1 884,23	14 105,37	1 742,78
	Résiduelle . . . . .	—	950,63	2 574,69	2 587,92	1 765,77
	F . . . . .	—	0,88	0,73	5,45**	0,98

(\*\*) Significatif,  $P < 0,01$ .

Le nombre de degrés de liberté est constant, égal à 2 pour la variance entre génotypes et à 96 pour la variance résiduelle.

Pour la variable  $\Delta P$ , la colonne « 4 semaines » représente la période de 2 semaines finissant avec cet âge, et ainsi de suite.

TABLEAU 3

Croissance pondérale (P), gain de poids ( $\Delta P$ ), consommation d'aliment (O),  
indice de consommation (I)

Coqs élevés en cages à haute température : Moyennes par génotype.

*Weight (P), weight gain ( $\Delta P$ ), feed consumption (O), feed efficiency (I) —  
Cockerels raised in cages at high temperature: means for each genotype*

	Génotype			
	Age	nana (n = 20)	Nana (n = 20)	NaNa (n = 20)
P (g.)	2 semaines . . . . .	94,35	94,85	94,40
	4 semaines . . . . .	188,1	201,8	206,0
	6 semaines . . . . .	344,2	377,6	390,7
	8 semaines . . . . .	576,0	639,2	660,0
	10 semaines . . . . .	877,7	987,9	1 014,3
$\Delta P$ (g.)	2-4 semaines . . . . .	93,8	106,9	111,6
	4-6 semaines . . . . .	155,1	175,8	184,7
	6-8 semaines . . . . .	231,7	261,6	269,4
	8-10 semaines . . . . .	306,7	348,7	354,2
O (g.)	2-4 semaines . . . . .	264,9	304,4	315,0
	4-6 semaines . . . . .	400,7	456,4	467,8
	6-8 semaines . . . . .	688,4	779,7	744,1
	8-10 semaines . . . . .	1 107,1	1 238,8	1 163,6
	Total (2-10 semaines) . . . . .	2 461,1	2 779,3	2 690,5
I	2-4 semaines . . . . .	2,88	2,89	2,87
	4-6 semaines . . . . .	2,65	2,66	2,58
	6-8 semaines . . . . .	3,01	3,00	2,81
	8-10 semaines . . . . .	3,76	3,70	3,36
	Total (2-10 semaines) . . . . .	2,80	2,81	2,65

P et  $\Delta P$  sont exprimés en grammes de poids vif;

O en grammes d'aliment consommés.

I est donné en grammes d'aliment consommé par gramme de poids vif gagné.

Le tableau 2 donne les analyses de variance pratiquées sur ces variables.

b. *Croissance et consommation alimentaire des coqs élevés en lot « chauffé »*

Le tableau 3 donne les moyennes par génotype des variables mesurant la croissance, la consommation alimentaire et l'indice de consommation des coquelets en lot chauffé, par âges successifs ou périodes successives de deux en deux semaines.

Les figures 2a et 2b se rapportent aux variables de croissance (poids et gains de poids).

Les figures 2c et 2d visualisent l'évolution des valeurs moyennes de la consommation d'aliment et de l'indice de consommation par âge et par génotype.

Les analyses de variance faites sur l'ensemble de ces variables, par âge ou période de 2 semaines, font l'objet du tableau 4, le tableau 5 regroupant les tests *t* de Student effectués sur ces observations, entre génotypes pris deux à deux (à l'exception de la comparaison Na Na-Na na, omise car non significative dans tous les cas).

Enfin, les droites de régression de la consommation théorique T sur les varia-

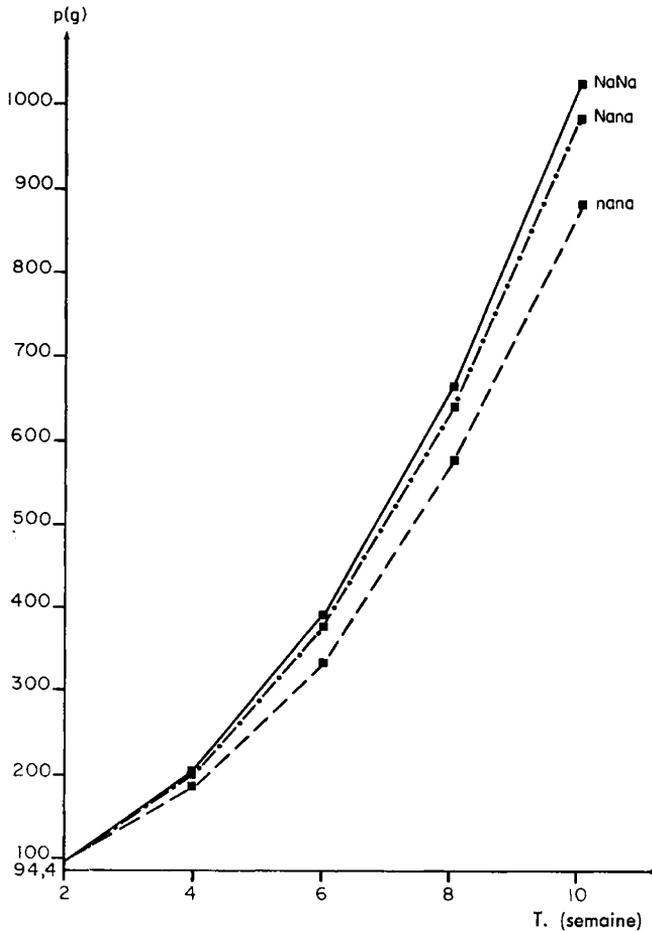


FIG. 2a.  
Coquelets élevés à 31 °C.  
Poids  
Cockerels raised at 31 °C.  
Body weight

bles P et  $\Delta P$ , calculées à partir d'une équation analogue à celle de BVERLY sont les suivantes de 8 à 10 semaines d'âge :

— pour l'ensemble de la population :

$$T = 1,90 P^{0,75} + 0,85 \Delta P + 601,2$$

avec une valeur de 0,37 pour le carré  $R^2$  du coefficient de corrélation multiple

— par génotypes :

pour nana  $T = 0,71 P^{0,75} + 0,27 \Delta P + 924,7$   
avec  $R^2 = 0,05$

pour Na na  $T = 5,69 P^{0,75} + 0,15 \Delta P + 324,9$   
avec  $R^2 = 0,61$

pour NaNa  $T = -0,90 P^{0,75} + 1,50 \Delta P + 777,8$   
avec  $R^2 = 0,27$

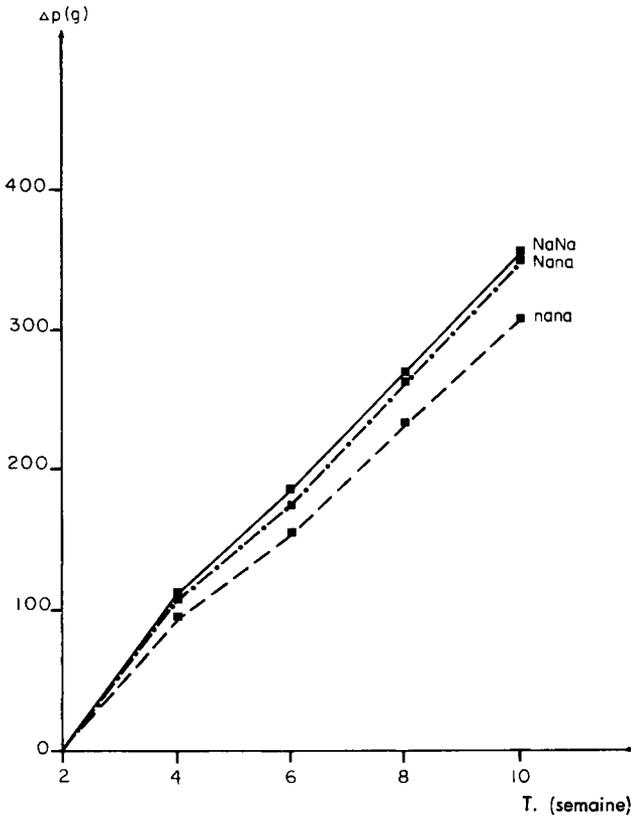


FIG. 2b.

Coquelets élevés à 31 °C.

Gain de poids

Cockerels raised at 31 °C.

Weight gain

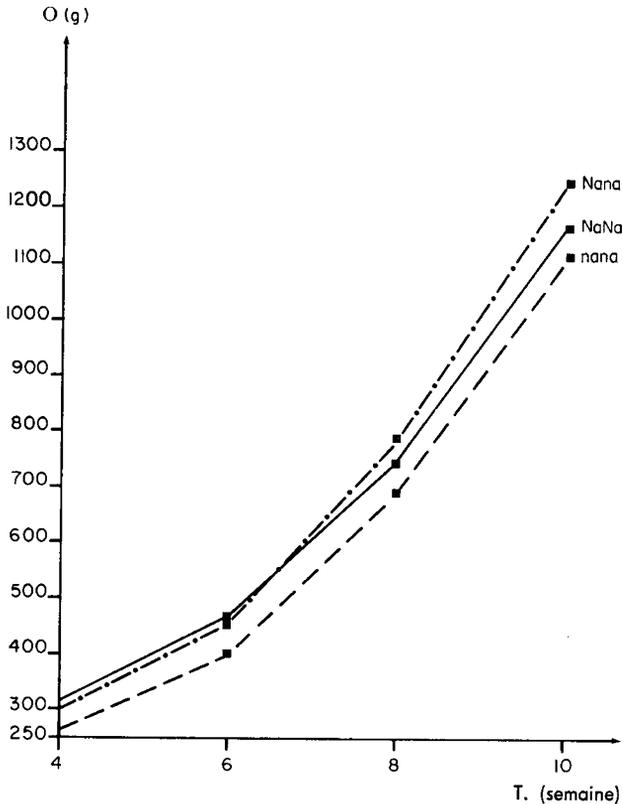


FIG. 2c.

Coquelets élevés à 31 °C.  
 Consommation d'aliment de 2 en 2 semaines.  
 Cockerels raised at 31 °C.  
 Feed consumption by 2 week periods

### c. Poids du plumage rapporté au poids corporel

Le tableau 6 donne les valeurs moyennes du poids de plumes rapporté au poids corporel, par génotype, pour les poulettes au sol et pour les coquelets chauffés. Nous avons indiqué également les valeurs individuelles extrêmes, par sexe et génotype, pour la même variable. Le tableau 6 comporte en outre pour chaque sexe l'analyse de variance correspondante et le test *t* de comparaison entre génotypes pris deux à deux.

Les surfaces emplumées (ptérylies) ont d'autre part été déterminées de façon approchée par projection sur une surface plane puis planimétrie sur deux femelles hétérozygotes et deux femelles homozygotes dominantes. La surface moyenne obtenue après projection et réduction pour les deux hétérozygotes est 199,6 cm<sup>2</sup> contre 106,0 pour la moyenne des deux homozygotes. Qualitativement, outre la différenciation entre génotype Na Na et Na na d'après l'absence ou la présence d'une touffe de plumes sur le devant du cou déjà notée par CRAWFORD (1976) on

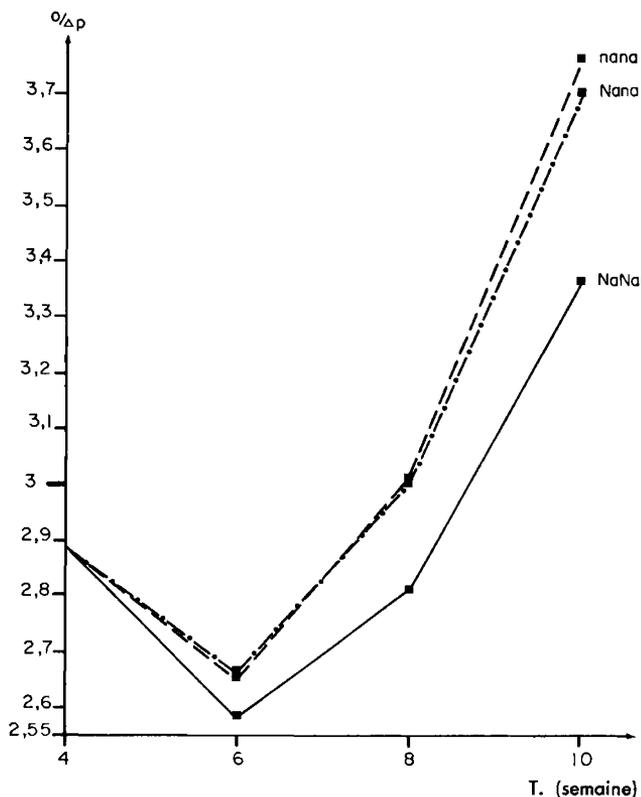


FIG. 2d.

Coquelets élevés à 31 °C.  
 Indice de consommation de 2 en 2 semaines.  
 Cockerels raised at 31 °C.  
 Feed conversion by 2 week periods

remarque que l'intérieur de la cuisse est entièrement dépourvu de plumes chez les individus Na Na, et que ces derniers ne possèdent que trois rangées de plumes de chaque côté du bréchet contre 5 chez les Na na.

#### d. Observations sur carcasses et dissections

Les résultats des observations sur carcasses et dissections faites sur les coqs élevés à 31 °C figurent dans le tableau 7. Le poids vif avant abattage est donné pour information.

#### e. Corrélations

Le tableau 8 donne par génotype, pour les coqs élevés à haute température, les corrélations entre poids et gain de poids d'une part, consommation observée et indice de consommation d'autre part, aux âges successifs de deux en deux semaines.

TABLEAU 4

Coqs élevés à haute température : Analyses de variance pour les variables de croissance, la consommation d'aliment et l'indice de consommation

*Cockerels raised at high temperature : variance analysis for weight, weight gains, feed intake and feed conversion*

	Source de variation	Age (ou fin de période de 2 semaines)				
		2 semaines	4 semaines	6 semaines	8 semaines	10 semaines
P	Génotype . . .	1,52	1 741,92	11 491,31	38 311,21	105 029,81
	Résiduelle . . .	30,84	581,08	4 007,58	12 819,95	31 986,62
	F . . . . .	0,05	2,99	2,86	2,96	3,28*
ΔP	Génotype . . .	—	1 683,77	4 625,71	7 897,95	13 531,51
	Résiduelle . . .	—	406,08	1 855,27	2 866,05	5 799,50
	F . . . . .	—	4,15**	2,49	2,75	2,33
O	Génotype . . .	—	13 785,57	25 809,05	42 309,51	87 238,41
	Résiduelle . . .	—	1 706,01	6 137,06	18 364,13	26 292,95
	F . . . . .	—	8,08***	4,20*	2,30	3,31*
I	Génotype . . .	—	0	0,03	0,25	0,92
	Résiduelle . . .	—	0,19	0,15	0,19	0,46
	F . . . . .	—	0	0,23	1,31	1,97

(\*) Significatif,  $P < 0,05$ .

(\*\*) Significatif,  $P < 0,01$ .

(\*\*\*) Significatif,  $P < 0,001$ .

Le nombre de degrés de liberté est partout égal à 2 pour la variance entre génotypes, et 57 pour la variance résiduelle.

Pour les variables ΔP, O et I, la colonne « 4 semaines » représente la période de 2 semaines finissant à cet âge, et ainsi de suite.

Nous présenterons dans un article séparé l'ensemble des corrélations relatives aux variables obtenues par mensurations sur carcasses et par dissection. Seules seront mentionnées ici un petit nombre de ces corrélations qui se sont révélées significativement hétérogènes entre génotypes au locus Na. En particulier, celles concernant l'épaisseur de peau font l'objet du tableau 9; les autres seront mentionnées dans la partie « discussion ».

TABLEAU 5

Coqs élevés en cages à haute température. Tests *t* de Student entre génotypes pris 2 à 2  
*Cockerels raised in cages at high temperature : t tests between genotypes*

	Génotypes	Valeurs de <i>t</i>			
		4 semaines	6 semaines	8 semaines	10 semaines
P	NaNa /nana . . . . .	2,48*	2,61**	2,68**	2,92**
	Nana /nana . . . . .	1,90	1,71	1,80	1,94
ΔP	NaNa /nana . . . . .	2,96**	2,46*	2,55*	2,43*
	Nana /nana . . . . .	1,99*	1,54	1,79	1,67
O	NaNa /nana . . . . .	4,08***	3,08**	1,61	1,30
	Nana /nana . . . . .	2,86**	1,96*	2,00*	2,61*
I	Nana /nana . . . . .	—	— 0,50	— 1,30	— 1,90
	Nana /nana . . . . .	—	0,77	1,57	1,60

(\*) Significatif,  $P < 0,05$ .

(\*\*) Significatif,  $P < 0,01$ .

(\*\*\*) Significatif,  $P < 0,001$ .

Le nombre de degrés de liberté est constant, et égal à 38.

Pour les variables ΔP, O et I, la colonne « 4 semaines » représente la période de 2 semaines précédant cet âge, et ainsi de suite.

## Discussion

### a. Emplumement

L'effet le plus évident associé au gène Na concerne l'implantation du plumage (extension des ptérylies). Le tableau 6 du présent article montre que cet effet s'exprime quantitativement au niveau du poids total de plumage rapporté au poids corporel : dans les deux sexes les analyses de variance montrent un effet hautement significatif ( $P < 0,001$ ) du génotype à ce locus. De même, les tests *t* entre les trois génotypes pris deux à deux sont tous significatifs au seuil 1 p. 1000, à l'exception de la comparaison entre mâles Na na et NaNa ( $P < 0,05$ ). Malgré les effectifs limités disponibles ici, les distributions des poids de plumage en p. 100 du poids corporel dans chaque sexe comportent trois modes bien séparés, et, au moins chez les femelles, les valeurs extrêmes observées par génotype montrent qu'il y a peu de

TABLEAU 6

Poids du plumage des trois géotypes, rapporté au poids corporel  
*Weight of plumage for the three genotypes, in per cent of body weight*

	A. — Valeurs moyennes					
	Poules (t. ordinaire)			Coqs (31 °C)		
	nana	Nana	NaNa	nana	Nana	NaNa
Nombre d'individus . . . . .	20	20	20	18	18	18
Poids du plumage, p. cent (1) . . . . .	7,61	5,53	4,49	7,17	5,59	4,82
Valeurs extrêmes :						
minimum . . . . .	6,7	4,6	3,5	4,6	3,6	2,6
maximum . . . . .	8,4	6,8	5,5	8,7	7,6	6,3
	B. — Analyse de variance					
	Poules			Coqs		
	d.l.	variance		d.l.	variance	
Géotype . . . . .	2	50,72		2	26,03	
Résiduelle . . . . .	57	0,30 F = 169,06***		51	1,10 F = 23,66***	
	C. — Tests <i>t</i>					
	Poules			Coqs		
	Valeur de <i>t</i>			Valeur de <i>t</i>		
nana — NaNa . . . . .	18,08***			6,52***		
nana — Nana . . . . .	12,31***			4,35***		
Nana — NaNa . . . . .	5,90***			2,15*		

(1) Dans le cas des poules, le poids des plumes est rapporté au poids saigné, alors que pour les coqs, il est rapporté au poids vif avant abattage.

(\*) Significatif,  $P < 0,05$ .

(\*\*\*) Significatif,  $P < 0,001$ .

TABLEAU 7

Moyennes par génotype des variables mesurées sur les coquelets (lot « chauffé »  
sur carcasses et après dissection*Means of genotypes for anatomical measurements, « heated » cockerels*

	Génotype		
	nana	Nana	NaNa
Nombre d'individus. . . . .	19	19	19
Poids vif (g) . . . . .	947,6	1 048,7	1 082,9
Angle de poitrine (grades). . . . .	52,8	55,2	54,8
Ampoules bréchet (note de 1 à 6) . . .	2,58	2,95	3,10
Épaisseur peau à l'aile (0,01 mm). . . .	63,9	61,8	62,1
Poids saigné plumé . . . . .	831,6	936,5	979,0
Sang (1) . . . . .	5,07	5,03	4,77
Effilage (1) . . . . .	3,3	3,4	3,3
Jabot + ventricule succenturié + gésier vide (1) . . . . .	3,1	3,4	3,1
Jabot + ventricule + effilage (1). . . .	4,6	4,9	4,5
Foie (1) . . . . .	1,68	1,69	1,72
Cœur (1) . . . . .	0,47	0,48	0,50
Testicules (1) . . . . .	0,16	0,13	0,08
Thyroïdes (2) . . . . .	0,066	0,074	0,074
Surrénales (2) . . . . .	0,12	0,11	0,13
Graisse abdominale (1). . . . .	0,96	1,24	1,32
Peau (3) . . . . .	7,4	7,3	6,9
Os (3) . . . . .	15,6	15,2	15,8
Muscles (3) . . . . .	70,8	71,5	71,4
P. spécifique du tibia. . . . .	1,209	1,206	1,209

Les tests *t* sont tous non significatifs, sauf en ce qui concerne les ampoules au bréchet, entre NaNa et nana ( $t = 2,15$ ,  $P < 0,05$ ).

(1) : p. 100 du poids vif avant abattage.

(2) : p. 1000 du poids vif avant abattage.

(3) : p. 100 du poids (cuisse + pilon).

TABLEAU 8

Corrélations entre les variables relatives à la croissance et à la consommation d'aliment, par génotype (coqs élevés à haute température)

*Correlations between variables measuring growth and feed consumption, within genotypes (« heated » cockerels)*

Age (semaines)	Variables			
	Génotype na na			
	P — O	P — I	ΔP — O	ΔP — I
4 . . . . .	0,61**	— 0,61**	0,54**	— 0,70***
6 . . . . .	0,52*	— 0,42*	0,37	— 0,63**
8 . . . . .	0,42*	— 0,40	0,34	— 0,53*
10 . . . . .	0,21	— 0,61**	0,21	— 0,83***

Age	Génotype Na na			
	P — O	P — I	ΔP — O	ΔP — I
	4 . . . . .	0,83***	— 0,69***	0,83***
6 . . . . .	0,94***	— 0,64**	0,91***	— 0,72***
8 . . . . .	0,88***	— 0,33	0,90***	— 0,34
10 . . . . .	0,77***	— 0,69***	0,73***	— 0,78***

Age	Génotype Na Na			
	P — O	P — I	ΔP — O	ΔP — I
	4 . . . . .	0,66***	— 0,71***	0,66***
6 . . . . .	0,91***	— 0,70***	0,90***	— 0,75***
8 . . . . .	0,75***	— 0,54**	0,73***	— 0,62**
10 . . . . .	0,45*	— 0,65**	0,52*	— 0,72***

recouvrement entre l'hétérozygote et les deux homozygotes, et pas du tout entre les deux homozygotes.

Chez les femelles, par rapport au poids saigné, les Na na possèdent 27,3 p. 100 de plumes en moins et les Na Na 41,0 p. 100 en moins que les na na, enfin les Na Na 19,0 p. 100 de moins que les Na na. Chez les mâles, les valeurs correspondantes ramenées au poids vif sont 22,0 p. 100 pour Na na comparé à na na et 32,8 p. 100 pour Na Na comparé à na na. Les valeurs trouvées concordent avec une comparaison faite antérieurement entre poules adultes des génotypes Nana et nana (MÉRAT,

TABLEAU 9

Corrélations entre l'épaisseur de peau à l'aile d'une part, le pourcentage de peau, la graisse abdominale et les variables relatives à la croissance et à la consommation d'aliment d'autre part

*Correlations between skin thickness (wing), skin percentage, abdominal fat and variables measuring growth and feed intake*

2 <sup>e</sup> variable	Génotypes Na Na et Na na (n = 35)	Génotype na na (n = 18)
Graisse abdominale . . . . .	0,82***	0,38
% de peau . . . . .	0,78***	0,64**
ΔP . . . . .	0,81***	0,22
O . . . . .	0,69***	0,18
I . . . . .	-0,51**	-0,28

(\*\*) P < 0,01.

(\*\*\*) P < 0,001.

données non publiées); elles montrent d'autre part une dominance incomplète du gène Na relativement à la quantité de plumage, en accord avec les observations qualitatives de CRAWFORD (1976), SCOTT et CRAWFORD (1977).

Les données du tableau 6 sont rapportées au *poïds* corporel, mais on vérifie qu'en les rapportant à la quantité P<sup>2/3</sup> prise pour estimation de la *surface* corporelle la signification des résultats reste essentiellement la même. Par ailleurs, l'estimation directe de la surface des ptérylies tentée pour les génotypes Na Na et Na na suggère que celle-ci, chez le premier, est réduite de l'ordre de 47 p. 100 par rapport au second.

#### b. Croissance des femelles à température « normale »

Le tableau 2 n'indique pas de différence significative entre génotypes au locus Na pour la croissance des femelles aux différents âges en ambiance non chauffée après 4 semaines, à l'exception du gain de poids de 6 à 8 semaines. Ceci suggère soit l'absence, soit une importance faible de l'effet du gène Na sur la croissance à température ordinaire. Cependant, l'avantage pondéral de 57 grammes des poulettes normales na na à 10 semaines sur les Na na, et de 14 grammes de ce dernier génotype par rapport à NaNa, sont à rapprocher de données antérieures obtenues sur des effectifs plus nombreux (MERAT, données non publiées) où des poulets nana montraient, dans la population expérimentale de Jouy-en-Josas, un poids corporel légèrement plus élevé que celui de leurs frères ou sœurs Na na à 8 semaines. On peut supposer que ces différences reflètent simplement la quantité moindre de plumage des animaux « cou nu » : dans l'expérience présente, sur les femelles, l'excès de poids du plumage à 11 semaines respectivement des na na et des Na na sur les Na Na est 53,5 gr et 17,7 gr, assez voisin de l'excès observé du poids corporel total une semaine avant.

c. *Croissance et consommation alimentaire des coquelets en lot « chauffé »*

Quant aux poids et gains de poids, le tableau 3 suggère la présence d'un avantage de croissance s'accroissant de 4 à 10 semaines pour les homozygotes Na Na vis-à-vis des nana, les hétérozygotes étant intermédiaires et plus proches des Na Na.

Entre les trois génotypes en présence, le poids à 10 semaines est significativement différent ( $P < 0,05$ ) d'après l'analyse de variance. Pour le gain de poids, c'est de 2 à 4 semaines que l'effet du génotype se révèle hautement significatif. De plus, les tests *t* pratiqués entre les deux homozygotes sont toujours significatifs pour le poids et le gain de poids, à l'avantage des Na Na; on ne trouve une différence significative entre l'hétérozygote et l'homozygote récessif que pour le gain de poids à 4 semaines ( $P < 0,05$ ), quoique dans d'autres cas elle approche le seuil de signification.

L'analyse de variance sur la variable O, donnant une valeur de F hautement significative à 4 semaines ( $P < 0,001$ ), suit une évolution inverse de celle du poids, et les tests pratiqués entre les deux homozygotes vont dans le même sens (différence hautement significative à 4 et 6 semaines, plus de différence significative à 8 et 10 semaines).

Par contre les mêmes tests faits entre l'hétérozygote et l'homozygote récessif sont toujours significatifs, montrant un excès de consommation des na na sur les Na na.

L'indice de consommation I présente corrélativement une évolution inverse, la valeur de *t* étant proche de la signification à 10 semaines entre NaNa et nana ( $t = 1,90$ ), et en constante augmentation entre Nana et NaNa, à l'avantage de ces derniers dans les deux cas.

Au total, il apparaît qu'à la température considérée les homozygotes « cou nu », et à un moindre degré les hétérozygotes, ingèrent plus d'aliment et ont un avantage de poids et de gain de poids à tous les âges par rapport aux homozygotes normaux. La supériorité du génotype Na Na sur na na en p. 100 de la moyenne de ce dernier s'élève à 10 semaines d'âge à 15,6 p. 100 pour le poids corporel, à 5,1 p. 100 pour la consommation alimentaire des deux dernières semaines, mais 9,3 p. 100 de 2 à 10 semaines, et, quoique les indices de consommation ne soient pas significativement différents, on constate que l'indice du premier génotype de 8 à 10 semaines n'est que 89,4 p. 100 de celui du second (ou 94,6 si l'on considère la période totale 2-10 semaines). Si, d'autre part, on considère non le poids vif mais le poids après plumage, plus proche du rendement en viande, l'avantage pondéral à 10 semaines des coquelets Na Na sur les na na s'élève à + 191,1 gr en valeur absolue, soit à + 18,6 p. 100 de la valeur de ces derniers.

L'effet dépressif de la chaleur sur la consommation alimentaire et la croissance des poulets a été mis en évidence depuis longtemps. Plusieurs auteurs en ont évalué l'importance en fonction de la température (par exemple JOINER et HUSTON, 1957; TILL et HUSTON, 1965; JENSEN, 1968; VO et BOONE, 1975). Quoique notre lot élevé sans chauffage après 4 semaines d'âge ne soit pas un « témoin » à proprement parler (sexe différent, élevage au sol), il laisse peu de doute sur l'importance de cet effet dépressif dans le cas présent; l'avantage en poids des coquelets sur les poulettes à 8 ou 10 semaines est ordinairement de l'ordre de 15 à 20 p. 100 suivant la population et les conditions considérées, or ici les coquelets ont un poids moyen à 10 semaines égal à 71 p. 100 seulement de celui des femelles.

Tenant compte des effets significatifs associés au gène Na chez les mâles élevés à 31 °C et de l'absence d'effets comparables chez leurs sœurs ou demi-sœurs

non chauffées, il semble donc que le gène Na confère aux animaux porteurs, et surtout aux homozygotes, une faculté d'adaptation à la chaleur meilleure que celle des animaux à plumage normal pendant la période de croissance. Ceci va dans le sens des résultats obtenus par SMITH et LEE (1977), déjà cités, qui montrent que lors d'une expérience de tolérance vis-à-vis de la chaleur, le taux de survivants après un Stress thermique est de 51,4 p. 100 chez des poussins Na na, et de 38,8 p. 100 chez les nana.

Il paraît logique de penser que cet avantage est directement lié à la possibilité, pour les poulets moins complètement emplumés, de perdre plus rapidement des calories excédentaires du fait du moindre pouvoir isolant du plumage, et de maintenir plus aisément leur température interne au niveau normal (\*). L'effet le plus net associé aux génotypes Na Na et Na na étant celui sur la consommation alimentaire, on peut suggérer que cette faculté d'évacuer un excès d'énergie calorique pourrait jouer un rôle relativement à l'ensemble du métabolisme, et en particulier relativement à l'« extra-chaleur » produite par les réactions métaboliques lors de la digestion; cette énergie étant dissipée plus rapidement chez les poulets « cou nu » à température ambiante élevée, ceux-ci pourraient ingérer davantage d'aliment dans un temps donné, d'où leur croissance plus rapide ainsi qu'une amélioration de l'indice de consommation, dont on sait qu'il est en forte corrélation avec la vitesse de croissance (JULL, 1952; FOX et BOHREN, 1954).

Secondairement, on peut se demander s'il n'y a pas à certains âges un léger effet favorable à l'efficacité alimentaire lié à un besoin protéique inférieur associé au gène Na, du fait d'une pousse des plumes moins importante, ou prolongée moins longtemps. Les résultats présents suggèrent de vérifier si cet effet peut se situer de 6 à 10 semaines, âges où l'indice de consommation des homozygotes Na Na devient inférieur à celui des autres génotypes.

#### d. *Autres observations*

D'autres indices suggèrent que la consommation et le gain de poids chez les coquelets na na chauffés sont plus perturbés que chez leurs frères ou demi-frères « cou nu ». Ainsi, les coefficients de corrélation multiples obtenus plus haut, à partir d'équations de régression de la consommation alimentaire sur le poids et le gain de poids montrent que si l'on explique 61 p. 100 de la consommation des hétérozygotes à partir du poids corporel et du gain de poids, et 27 p. 100 de celle des homozygotes dominants, celles des homozygotes récessifs ne l'est qu'à 4 p. 100. De même, et malgré les effectifs relativement limités, on peut remarquer (tableau 8) que si, pour les génotypes Na na et Na Na, les corrélations entre poids, gains de poids et consommation aux différents âges sont presque toujours significatives, il n'en est pas de même pour les oiseaux na na.

#### e. *Composition anatomique et observations sur carcasses*

En ce qui concerne la composition anatomique des carcasses et les poids de tissus et d'organes particuliers, les moyennes des trois génotypes, dans l'ensemble, sont proches (tableau 7) et non significativement différentes. C'est le cas en parti-

\* Des mesures de température rectale faites vers 9 h ne montrent pas de différence significative entre génotypes quoique les coquelets Na Na se situent en moyenne à 0,1 °C plus bas que les autres (41<sup>03</sup> contre 41<sup>04</sup>).

culier pour les segments du tube digestif, et d'autre part pour les thyroïdes et surrénales, que la température ne paraît donc pas affecter différemment dans les trois génotypes comparés. Malgré l'absence de signification de la différence, on remarque cependant que le pourcentage de graisse abdominale s'élève graduellement du génotype na na au génotype Na Na, avec Na na intermédiaire. L'angle de poitrine par contre apparaît inférieur chez les homozygotes na na. Ces différences, vraisemblablement, reflètent la différence de croissance pondérale réalisée par les trois génotypes.

Au contraire, le pourcentage de peau et l'épaisseur de peau à l'aile paraissent inférieurs pour les poulets « cou nu » comparés aux homozygotes normaux, malgré l'engraissement inférieur de ces derniers : or on pourrait s'attendre à ce que des animaux ayant moins de lipides abdominaux (en forte corrélation avec les lipides totaux : DELPECH et RICARD, 1965) aient une peau moins épaisse parce que moins chargée en lipides (RICARD, 1968; GREENBERG, 1976; EHINGER, 1977). Il semble donc possible qu'un caractère « peau plus fine » soit associé au gène Na.

Le seul caractère montrant une différence significative au tableau 7 est la note d'ampoules au bréchet ( $t = 2,15$ ,  $P < 0,05$ , entre Na Na et na na). Une explication simple est la protection incomplète de la peau par le plumage pour le premier génotype. Cependant, la différence pourrait être due en partie aussi au poids corporel plus élevé atteint par les coquelets Na Na : L'influence du poids sur la fréquence des ampoules de bréchet a été plusieurs fois mise en évidence (MAY et COX, 1970).

Quant au rendement à l'abattage, il n'apparaît pas de différence entre génotypes si l'on se réfère au poids après plumage. Pour les trois génotypes le poids de carcasse éviscérée en p. 100 de la carcasse saignée et plumée est égal à 74,3.

Concernant les corrélations entre variables obtenues par mensurations ou dissection sur les carcasses, nous ne citons ici, comme indiqué plus haut, que celles qui paraissent différer suivant le génotype au locus Na. Tel est le cas du pourcentage de graisse abdominale et du poids vif ( $r = + 0,92$  pour le génotype Na Na,  $+ 0,89$  pour Na na,  $+ 0,54$  pour na na); toutefois chez les na na, l'engraissement moyen plus faible peut s'accompagner d'une variabilité proportionnellement plus grande associée à la mesure elle-même. Moins aisément explicable est la différence de corrélation suivant le génotype entre le poids (en p. 1000) des thyroïdes et celui des surrénales ( $r = + 0,61$  pour Na Na,  $+ 0,51$  pour Na na,  $- 0,36$  pour na na) ainsi qu'entre le pourcentage de l'appareil stomacal (jabot — ventricule — gésier vide) et le poids vif ( $r = - 0,69$  pour Na Na, proche de zéro pour les autres génotypes).

Enfin, nous avons présenté au tableau 9, séparément chez les animaux « cou nu » ou non, les corrélations entre l'épaisseur de peau à l'aile et le pourcentage de peau, la graisse abdominale, le gain de poids, la consommation d'aliment et l'indice de consommation totaux de 2 à 10 semaines. Avec le pourcentage de peau, la corrélation est élevée dans l'ensemble, ce qui suggère que la première variable pourrait être une mesure indirecte valable de la seconde en accord avec des observations antérieures analogues (MORAN *et al.*, 1968); avec les autres variables, les corrélations sont toutes moins nettes en présence du génotype na na qu'en présence des deux autres.

#### f. Conclusion

Il semble que l'essentiel des résultats présentés ici puisse être considéré comme une conséquence, directe ou indirecte, de l'isolation thermique moindre du plumage apportée par le gène Na, permettant une régulation plus aisée de la tem-

pérature interne en ambiance chaude, l'animal se trouvant moins fortement contraint de réduire sa consommation alimentaire.

D'un point de vue pratique, ce résultat ne peut être considéré que comme une première indication. Il devra être confirmé et complété lors d'une prochaine étude. Il suggère que, sous des conditions climatiques présentant une analogie avec celles réalisées artificiellement ici (chaudes et relativement sèches), l'introduction du gène « cou nu » dans des souches destinées à la production du poulet de chair pourrait présenter un avantage non négligeable en apportant une meilleure croissance, un indice de consommation peut-être légèrement amélioré à âge égal (mais très amélioré si l'on veut abattre les animaux à un poids fixé), ainsi qu'un rendement en viande significativement augmenté par suite de la réduction du plumage. Ces indications suggèrent en tout cas l'intérêt potentiel d'études ultérieures dans ce sens.

D'autres gènes modifiant ou réduisant le plumage existent et pourraient vraisemblablement influencer aussi sur la tolérance vis-à-vis de la chaleur en période de croissance. BENEDICT *et al.* (1932) ont montré que le gène F (« frisé ») augmente de façon importante les déperditions caloriques et modifie le métabolisme basal à température modérée; il ne semble pas que des études systématiques aient été faites sur ce gène à température élevée. D'autres travaux concernent le gène sc (ABBOTT et ASMUNDSON, 1958) qui, à l'état homozygote, supprime presque complètement le plumage. C'est surtout, apparemment, en condition ambiante tempérée ou froide également que ses effets ont été analysés (ABBOTT et ASMUNDSON, 1962). D'autres auteurs (BIGBEE *et al.*, 1973) indiquent que le rendement en viande pourrait être augmenté par le génotype scsc. Cependant, un gène à effet aussi extrême que sc peut présenter par ailleurs des inconvénients telle qu'une faible tolérance à des fluctuations de température, et une protection insuffisante de la peau contre des agressions mécaniques, chocs ou griffures.

*Reçu pour publication en juillet 1978.*

## Remerciements

Nous remercions le Dr J. GUILLAUME, Station de recherches avicoles, I.N.R.A., Nouzilly, de ses suggestions et critiques concernant le présent manuscrit.

## Summary

*Influence of the Na (Naked Neck) gene on growth, feed consumption and body composition of chicks according to environmental temperature.*

Growth rate and feed conversion were compared for male chicks of the genotypes Na Na, Na na and na na (« naked neck » vs normal plumage), hatched from a cross between heterozygous parents. These cockerels (20 per genotype), were raised in individual cages at a constant ambient temperature of 31 °C from 2 to 10 weeks of age. The Na Na birds in those conditions consumed more feed than the recessive na na; they had a 10 week body weight superior by 15.6 per cent to that of the latter, and their conversion rate till that age was apparently better. The heterozygous genotype was intermediate between the two homozygotes for growth rate, but its feed conversion rate was equal to that of the recessive for the period 2-10 weeks.

Conversely, on pullets of the same origin raised on floor without heating after 4 weeks of age, a non-significant difference in body weight is observed at the advantage of the na na genotype.

It seems likely that this difference corresponds to the difference in total plumage weight between genotypes.

This plumage weight was measured at 11 weeks of age in both sexes. It is highly significantly reduced in Na na and Na Na birds. The reduction is of the order of 30 per cent in Na na females and 40 per cent in Na Na females; the corresponding figures are lower for males. This leads to an improvement in meat yield for these two genotypes as compared to the « normal » genotype na na. On the other hand, it seems likely that this reduction of the plumage, exerted both on its weight and on the covered body surface, is the cause of the lower depression observed on feed intake and growth rate for « naked neck » cockerels at the hot temperature realized in this experiment.

Observations on carcasses reveal a higher frequency, in cages, of breast blisters among Na Na cockerels, and probably a reduction of skin thickness associated with the Na gene. Phenotypic correlations between certain variables concerning growth rate and anatomical parameters seem to be modified in presence of this gene.

The potential interest of further studies is stressed, in view of possible use of the « naked neck » gene for broiler production in particular climatic conditions.

### Références bibliographiques

- ABBOTT U. K., ASMUNDSON V. S., 1958. Further studies with scaleless—an inherited ectodermal defect in the fowl. II Heat production and respiratory quotient. *Proc. Xth int. Cong. Genet.*, **58**, 2 (abstr.), 1.
- ABBOTT U. K., ASMUNDSON V. S., 1962. Responses to selection under severe environmental stress. *Proc. 12th World's Poult. Cong. sect. Papers*, 30-36.
- BENEDICT F. G., LANDAUER W., FOX E. L., 1932. The physiology of normal and Frizzle fowl with special reference to the basal metabolism. *Storrs Conn. Agric. Exp. Sta. Bull.*, 177.
- BIGBEE D. E., RUBIN M., 1973. Some observations on the processive and organoleptic characteristics of scaleless chicken fowl. *Poult. Sci.*, **52**, 1998 (Abstr.).
- BORDAS A., MÉRAT P., 1974. Variabilité génétique et corrélations phénotypiques caractérisant la consommation alimentaire de poules pondeuses après correction pour le poids corporel et la ponte. *Ann. Génét. Sél. anim.*, 369-379.
- BYERLY T. C., 1941. Feeds and other costs of producing market eggs. Univ. Maryland Agricultural Experiment Station Bulletin n° A1.
- CRAWFORD R. D., 1976. Incomplete dominance of the gene for naked neck in the domestic fowl. *Poult. Sci.*, **55**, 820-822.
- DELPECH P., RICARD F. H., 1965. Relations entre les dépôts adipeux viscéraux et les lipides corporels chez le poulet. *Ann. Zool.*, **14**, 181-189.
- EHINGER F., 1977. Beziehungen zwischen Hautfett, Ganzkörper und Plasmawerten bei Broilern verschiedener Herkunft. *Arch. Geflügelk.*, **41**, 35-37.
- FOX T. W., BOHREN B. B., 1954. An analysis of feed efficiency among breeds of chicks and its relationship to rate of growth. *Poult. Sci.*, **33**, 549-561.
- GREENBERG H. S., 1976. Relationship between body composition and reproductive performance in the laying hen. *Diss. abstr. B*, **37**, 2583-2584.
- HUTT F. B., 1949. « Genetics in the fowl. » Mc Graw Hill, New-York.
- JENSEN F., 1968. The effect of temperature of the growth of broilers of two breeds. 1st Europ. Conf. on Poultry Breeding and Random Sample Testing, pt. 2, 191-197.
- JOINER W. P., HUSTON T. M., 1957. The influence of high environmental temperature on immature domestic fowl. *Poult. Sci.*, **36**, 973-978.
- JULL M. A., 1952. Poultry breeding. Wiley and Sons, New-York.
- MAY K. N., COX C. J., 1970. Breast blisters (keel cysts) of poultry. *World's Poult. Sci. J.* **26**, 677-683.
- MÉRAT P., BORDAS A., 1974. Consommation alimentaire d'animaux à plumage réduit (gène Na), ou normal, en présence ou en l'absence du gène de nanisme (dw). *Ann. Génét. Sél. anim.*, **6**, 17-28.
- MÉRAT P., BORDAS A., LEFEBVRE J., 1974. Effets associés aux gènes dw (nanisme) et Na (cou nu) chez la poule, sur la production d'œufs et la consommation alimentaire à deux températures. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **6**, 331-343.

- MORAN E. T., SUMMERS J. T., ORR H. L., 1968. Backfat quantitative measurement of broiler carcass finish: Technic, correlation with gain and effect of dietary caloric density. *Fd Technol.*, **22**, 67-70.
- RICARD F. H., 1968. Essais d'estimation de l'épaisseur et de l'importance de la peau chez le poulet. *Ann. Zoot.*, **17**, 459-466.
- RICARD F. H., 1972. Recherche d'une mesure précise de l'épaisseur de la peau chez le poulet. *Ann. Zoot.*, **21**, 479-483.
- RICARD F. H., 1974. Étude de la variabilité génétique de quelques caractéristiques de carcasse en vue de sélectionner un poulet de qualité. C. R. 1<sup>er</sup> Congrès mondial de génétique appliquée à la production animale, Madrid, **1**, 931-940.
- RICARD F. H., ROUVIER R., 1967. Étude de la composition anatomique du poulet 1. Variabilité de la répartition des différentes parties corporelles des coquelets Bresse Pile. *Ann. Zoot.*, **16**, 23-39.
- SCOTT T., CRAWFORD R. D., 1977. Feather number and distribution in the throat tuft of naked neck chicks. *Poult. Sci.*, **56**, 686-688.
- SIMON J., 1972. Influence du gène de nanisme (dw), du gène cou nu (Na) et du rythme d'alimentation sur la croissance et le comportement alimentaire du poulet. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **4**, 305-310.
- SMITH T. and LEE R., 1977. A study of the Naked neck gene of fowl. *Poult. Sci.*, **56**, 1758 (abstr.).
- STURKIE P. D., 1976. « Avian physiology ». 3<sup>e</sup> Édition, Springer, Berlin.
- TILL M., HUSTON T. M., 1965. The influence of different environmental temperatures on immature fowl. *Poult. Sci.*, **44**, 1032-1036.
- TOUCHBURN S. P., BLUM J. C., 1972. Effects of the genes for dwarfism (dw) and naked neck (Na) on chick growth and lipid metabolism. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **4**, 311-316.
- VO K. V., BOONE M. A., 1975. The effect of high temperatures on broiler growth. *Poult. Sci.*, **54**, 1347-1348 (abstr.).
-