

Effet du gène *Na* (cou nu) chez des coqs élevés à deux températures I. Croissance, consommation alimentaire et caractéristiques physiologiques

H. HAMMADE*, M. PETITJEAN**, Madeleine DOUAIRE*,
J. MALLARD*, P. MÉRAT***

* Ecole nationale supérieure agronomique, F 35000 Rennes

** I.N.R.A., Laboratoire de Spermiologie,
Le Magneraud, F 17700 Surgères

*** I.N.R.A., Laboratoire de Génétique factorielle,
Centre de Recherche de Jouy-en-Josas, F 78350 Jouy-en-Josas

Résumé

Deux cent cinquante-six coqs des génotypes *Na Na*, *Na na⁺* et *na⁺ na⁺* ont été comparés pour leurs performances de croissance, leur consommation alimentaire et des caractéristiques morphologiques et physiologiques, soit à la température ambiante de 18 °C à partir de l'âge de 9 semaines, soit à 30 °C. Au total, la température de 30 °C, par comparaison à 18 °C, diminue la consommation alimentaire, le poids vif, le rythme respiratoire, l'hématocrite, et augmente la croissance des os en longueur, la température interne et superficielle, la surface de la crête et des barbillons. Parmi les effets associés au gène *Na*, certains apparaissent aux 2 températures : accroissement de consommation alimentaire, du rythme respiratoire, de l'hématocrite, légère diminution de la température interne et superficielle, réduction de la longueur des tarse, augmentation de la taille des barbillons. Le poids vif ne montre pas, au total, d'effet significatif lié au génotype au locus *Na* ; cependant, les données aux divers âges suggèrent que ce génotype l'affecte en sens contraire aux 2 températures. L'hétérozygote *Na na⁺* est généralement intermédiaire entre les 2 homozygotes.

Mots clés : Coq, gène cou nu, température, poids, caractères physiologiques.

Summary

*Effects of the Na (naked neck) gene in cocks kept at two temperatures.
I. Growth rate, feed consumption and physiological traits*

Two hundred and fifty six cockerels of the genotypes *Na Na*, *Na na⁺* and *na⁺ na⁺* were compared for their growth performance, feed consumption and morphological and physiological traits, either at 18 °C from the age of 9 weeks or at 30 °C. On the whole, the temperature of 30 °C, as compared to 18 °C, decreased feed intake, body weight, respiration rate, packed cell volume and increased length of long bones, internal and surface body temperature, comb and wattle area. Some effects associated with the *Na* gene appeared at both ambient temperatures : increase of feed consumption, of respiration rate and packed cell volume, slight decrease of

internal and surface body temperature, reduction of shank length, increase of wattle size. Body weight on the whole did not show any significant genotype effect ; however, the data at various ages suggest that it is affected by the genotype at the *Na* locus in opposite directions at the 2 ambient temperatures. The *Na na*⁺ heterozygote is generally intermediate between the two homozygotes.

Key words : Cockerel, naked neck gene, temperature, body weight, physiological traits.

I. Introduction

Les composantes physiologiques de l'adaptation à la chaleur chez la poule ont fait l'objet de nombreux travaux, passés en revue par exemple par FREEMAN (1966, 1971), SMITH & OLIVER (1971) VAN KAMPEN (1971). Cette adaptation comporte des aspects génétiques. Certains gènes identifiés peuvent jouer un rôle à cet égard, notamment des gènes réduisant l'extension du plumage et par là facilitant la thermolyse. Parmi eux, le gène *Na* (cou nu) a fait l'objet de recherches récentes, dont les résultats et les perspectives sont passés en revue par MÉRAT (1986) et HORST & RAUEN (1986). Divers effets favorables de ce gène à température ambiante élevée ont été décrits, mais les informations manquaient jusqu'ici concernant les coqs adultes. Notre but est d'obtenir de telles informations, quant au développement pondéral et à des caractéristiques physiologiques simples liées au métabolisme (présent article), puis pour les performances de reproduction (HAMMADE *et al.*, 1987).

II. Matériel et méthodes

A. Animaux

L'expérience porte sur 256 coqs d'une souche synthétique, issue d'un croisement de plusieurs races en 1954, où le gène *Na* est maintenu en ségrégation, après avoir été introduit en 1969 à partir d'un élevage local du Sud-Est, puis de nouveau en 1979 à partir d'un sélectionneur du Sud-Ouest (S. PERRAULT, S.A.S.O., 31 Thil). Des parents mâles et femelles du génotype *Na na*⁺ étaient accouplés en pedigree pour obtenir des poussins des 3 génotypes *Na Na* (« cou nu » homozygote), *Na na*⁺ (« cou nu » hétérozygote) et *na*⁺ *na*⁺ (plumage normal) en 2 éclosions espacées de 21 jours en septembre 1983. Le génotype *Na na*⁺ était distingué de l'homozygote *Na Na* par une touffe de plumes sur le devant du cou (CRAWFORD, 1976 ; SCOTT & CRAWFORD, 1977) et par des aptéries moins étendues sur la poitrine (MÉRAT, 1986). Les poussins mâles étaient envoyés à la Station I.N.R.A. du Magneraud où se déroulait l'expérimentation. Dès l'arrivée, chaque génotype était réparti au hasard, à l'intérieur de chaque famille de même père, en 2 groupes correspondant aux 2 lots expérimentaux décrits plus loin.

B. Conditions d'élevage

Les conditions suivantes étaient communes à tous les animaux. Après la distribution, les 3 premiers jours, d'un aliment « anti-stress » riche en vitamines et contenant

des antibiotiques, 2 types d'aliment commercial étaient utilisés successivement. Jusqu'à la fin de la 9^e semaine, était donné un aliment « label démarrage » à 23,8 p. 100 de protéines brutes et 2 900 kcal/kg d'énergie métabolisable. Au cours de la 10^e semaine, on passait progressivement à l'aliment « Elevage », distribué seul dès la 11^e semaine, à 15,6 p. 100 de protéines brutes et 2 790 kcal/kg d'énergie métabolisable. Les aliments étaient donnés *ad libitum*.

L'éclairage (lumière artificielle) était permanent jusqu'au 3^e jour d'âge, puis jusqu'à la fin de l'expérience tous les oiseaux recevaient 14 h de lumière par 24 h, de 6 h à 20 h.

Après une période d'élevage au sol sur litière de copeaux de papier jusqu'à l'âge de 10 semaines, les coquelets étaient placés dans le même local en cages individuelles.

C. Lots expérimentaux

Les poussins mâles étaient répartis dans 4 cellules climatisées ; deux cellules étaient attribuées à chaque éclosion. Dans l'une d'elles, la température ambiante était maintenue à 30 ± 1 °C durant toute la vie des oiseaux. Dans l'autre, elle restait à 30 °C jusqu'à l'âge de 3 semaines, puis baissait progressivement jusqu'à 18 ± 1 °C à l'âge de 9 semaines pour rester constante à cette valeur jusqu'à la fin de l'expérience ⁽¹⁾. Chaque cellule contenait 64 cages individuelles sur 2 étages, les génotypes y étant répartis au hasard. La période expérimentale allait jusqu'à 35 semaines d'âge.

Le taux d'hygrométrie était maintenu aussi identique que possible dans les 4 cellules, autour de 65-70 p. 100.

Le tableau 1 donne les effectifs mis en cage par génotype et par cellule.

TABLEAU 1

Effectifs contrôlés de 10 à 35 semaines.
Numbers controlled from 10 to 35 weeks.

Éclosions et cellules	Effectifs par génotype			Total
	<i>Na Na</i>	<i>Na na⁺</i>	<i>na⁺ na⁺</i>	
Première éclosion	38	46	44	128
Cellule 1 (30 °C)	21	22	21	64
Cellule 2 (18 °C après 9 sem.)	17	24	23	64
Deuxième éclosion	43	43	42	128
Cellule 3 (30 °C)	21	22	21	64
Cellule 4 (18 °C)	22	21	21	64
Total	81	89	86	256

(1) A l'âge de 8 semaines où était faite la 1^{re} série de mesures, le lot à basse température se différenciait déjà nettement du lot gardé à 30 °C ; il était alors soumis à une température de 20 °C.

D. Mesures

Le poids vif était mesuré au gramme près, après mise à jeun la veille au soir aux âges de 8, 13, 24 et 35 semaines. Aux mêmes âges étaient déterminées la longueur du tarse (en mm, de l'articulation du tarso-métatarse au talon), la surface de la crête (estimée par le produit de la hauteur du plus grand crêtillon et de la longueur d'avant en arrière à la base exprimées en mm) et celle des barbillons (produits de la longueur par la plus grande largeur, en mm).

La consommation alimentaire était mesurée entre les âges de 14 et 16 semaines, 24 et 25, enfin de 34 et 35 semaines (pesées faites à 9 h le matin). La consommation journalière moyenne à chaque âge (en g/ jour) en était déduite.

Dans chaque cellule, à partir de 8 coqs de chaque génotype à 35 semaines, représentatifs du poids moyen de ce génotype, l'énergie métabolisable apparente était estimée (KUSSAIBATI & LECLERCQ, 1985).

Aux âges de 13, 16, 24 et 35 semaines, l'hématocrite (en p. 100), le rythme respiratoire, la température de la peau et la température rectale étaient enregistrés. Le comptage du nombre de respirations par minute était réalisé sur l'animal maintenu par l'expérimentateur après quelques minutes de repos. Les températures étaient mesurées (en °C) par thermocouple après stabilisation, pour la peau à la face interne de l'aile au niveau de la tête de l'humérus, pour la température rectale avec introduction de la sonde à 3-4 cm de profondeur dans le cloaque.

E. Analyses statistiques

L'effet moyen des facteurs « Génotype » et « Température » a été testé par analyse de variance à effets fixes et effectifs inégaux (SNEDECOR & COCHRAN, 1969). Lorsqu'apparaissait un effet significatif du génotype, les trois génotypes étaient comparés 2 à 2 par le test de DUNCAN (cité par SNEDECOR & COCHRAN, 1969, p. 274). L'effet du lot d'éclosion a été trouvé suffisamment faible, généralement non significatif, pour qu'il puisse être ignoré dans l'analyse présentée ici.

III. Résultats et discussion

A. Mortalité

La mortalité jusqu'à 10 semaines a été faible : 4 poussins au total (3 à température élevée, un à 18°), soit 0,9 p. 100. De 10 à 35 semaines, le tableau 2 montre que ni l'effet du génotype au locus *Na* ni celui du traitement ne sont significatifs. On peut noter que des « stress de chaleur » ayant entraîné des mortalités importantes dans des expériences antérieures (pour « cou nu », voir revue par MÉRAT, 1986) comportent des températures nettement supérieures à 30 °C. Cependant, le taux de mortalité à 30°, tous génotypes réunis, étant de 17,1 p. 100 contre 10,1 p. 100 à 18 °C, un effet défavorable à la survie de la température élevée peut être suggéré, mais il n'y a pas d'indice d'une réponse différente des génotypes.

TABLEAU 2
Mortalité de 10 à 35 semaines (nombres d'animaux).
Mortality from 10 to 35 weeks (numbers of birds).

Lot expérimental	Génotype						Total	
	<i>Na Na</i>		<i>Na na⁺</i>		<i>na⁺ na⁺</i>			
	Vivants 10 sem.	Morts	Vivants 10 sem.	Morts	Vivants 10 sem.	Morts	Vivants 10 sem.	Morts
18 °C	39	4	45	2	44	7	128	13
30 °C	42	6	44	7	42	9	128	22
Total	81	10	89	9	86	16	256	35

Différences entre génotypes et entre traitements non significatives (text χ^2).

B. Poids et mesures corporelles

Le tableau 3 montre l'effet dépressif significatif de la température élevée sur le poids corporel pendant toute la période expérimentale. Faible (5 p. 100) à 8 semaines, il devient plus important en valeur relative à 13 puis à 16 semaines (respectivement 12 et 14 p. 100) puis décroît à 12 puis 7 p. 100 aux âges de 24 et 35 semaines.

Bien que l'effet global du génotype au locus *Na* ne soit significatif à aucun âge, on remarque qu'en ambiance tempérée les animaux du génotype *na⁺ na⁺* ont un poids vif plus élevé, pendant toute la durée de l'expérience, que ceux du génotype *Na Na*, les hétérozygotes ayant une position intermédiaire mais proche de l'homozygote cou nu à partir de 13 semaines.

En ambiance chaude, les animaux mutants sont les moins affectés par comparaison à la température modérée de 18 °C. La perte de poids en valeur relative par rapport au milieu « tempéré » est voisine de 4, 3 et 7 p. 100 respectivement pour les génotypes *Na Na*, *Na na⁺*, *na⁺ na⁺* à 8 semaines, puis de 10, 9 et 18 p. 100 pour les mêmes génotypes à 13 semaines, ces écarts se maintenant à peu près constants jusqu'à 24 semaines pour décroître à 35 semaines. Au total, et bien qu'une interaction significative entre génotype et température ne se manifeste qu'à 13 semaines pour le poids vif, on retrouve régulièrement à tous les âges une inversion du classement entre les animaux « cou nu » d'une part et normalement emplumés d'autre part, lorsqu'on passe d'un régime de température à l'autre. Les tendances observées vont dans le même sens que les résultats de MONNET *et al.* (1979, 1980), HANZL & SOMES (1983), ZEIN-EL-DEIN *et al.* (1984).

Pour la longueur du tarse, le tableau 4 rassemble les résultats par température et génotype pour chaque âge ⁽¹⁾. La température élevée entraîne une augmentation de la

(1) Un changement de l'expérimentateur à partir de 16 semaines explique de légères diminutions de la valeur moyenne de ce paramètre après cet âge.

TABLEAU 3
*Effet de la température et du génotype sur le poids vif (g) : moyennes phénotypiques et écarts-types (entre parenthèses).
 Effects of temperature and genotype on live weight (g) : phenotypic means and standard deviations (within parentheses).*

Age (semaines)	18 °C						30 °C			Total génotypes groupés		Total traitements groupés			Analyse de variance Valeur de « F »			
	Na Na		Na na ⁺		na ⁺ na ⁺		Na Na		Na na ⁺		na ⁺ na ⁺		Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Traite- ment	Géno- type	Inter- action
8	1 534 (137)	1 548 (82)	1 562 (132)	1 472 (130)	1 499 (97)	1 462 (117)	1 503 (137)	1 524 (93)	1 507 (117)	1 475 (116)	1 475 (116)	1 503 (137)	1 524 (93)	1 507 (117)	(***) 25,74	0,72	1,62	
13	2 613 (253)	2 635 (167)	2 756 (230)	2 399 (181)	2 393 (218)	2 316 (219)	2 488 (299)	2 516 (228)	2 507 (414)	2 340 (319)	2 340 (319)	2 488 (299)	2 516 (228)	2 507 (414)	(***) 97,05	0,11	(**) 6,15	
16	3 136 (276)	3 166 (254)	3 261 (395)	2 760 (262)	2 743 (332)	2 705 (312)	2 953 (328)	2 962 (361)	2 983 (451)	2 735 (304)	2 735 (304)	2 953 (328)	2 962 (361)	2 983 (451)	(***) 137,27	0,30	1,94	
24	3 445 (336)	3 502 (343)	3 640 (428)	3 034 (528)	3 205 (450)	3 055 (325)	3 245 (485)	3 359 (423)	3 347 (478)	3 102 (444)	3 102 (444)	3 245 (485)	3 359 (423)	3 347 (478)	(***) 66,61	2,10	2,73	
35	3 388 (376)	3 382 (471)	3 530 (581)	3 190 (554)	3 205 (507)	3 166 (416)	3 290 (480)	3 298 (494)	3 346 (533)	3 188 (491)	3 188 (491)	3 290 (480)	3 298 (494)	3 346 (533)	(***) 41,10	0,34	0,73	

(**) (***) : respectivement $p < 0,01$; $p < 0,001$.

TABLEAU 4
 Effet de la température et du génotype sur la longueur du tarse (mm) : moyennes phénotypiques et écarts-types (entre parenthèses).
 Effects of temperature and genotype on shank length (mm) : phenotypic means and standard deviations (within parentheses).

Age (semaines)	18 °C			30 °C			Total génotypes groupés			Total traitements groupés			Analyse de variance Valeur de « F »	
	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	18 °C	30 °C	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Traitement	Génotype	Inter- action
	(3,7)	(3,5)	(3,0)	(3,9)	(2,9)	(3,4)	(3,4)	(3,6)	(3,8)	(3,3)	(3,2)	(*)	(**)	0,57
8	117,0	118,4	117,7	117,4	119,8	118,3	117,7	118,6	117,2	119,1	118,0	(*)	(**)	0,57
13	138,3 (6,3)	139,7 (4,8)	140,8 (4,5)	139,6 (7,4)	142,7 (5,8)	141,6 (5,7)	139,6 (1,7)	140,3 (14,0)	139,0 (6,9)	141,2 (5,5)	141,2 (15,9)	0,27	0,88	1,50
16	138,0 (7,5)	139,6 (7,2)	141,0 (7,1)	138,3 (6,1)	140,0 (8,9)	141,0 (6,9)	139,6 (7,3)	139,8 (7,5)	138,1 (6,8)	139,8 (8,0)	141,0 (7,0)	0,06	(*)	0,03
24	139,6 (7,2)	141,5 (5,9)	143,2 (5,4)	142,5 (4,5)	145,1 (6,7)	144,0 (5,6)	141,4 (6,3)	143,9 (5,8)	141,0 (6,1)	143,2 (6,5)	143,6 (5,5)	(**)	(*)	1,22
35	139,1 (6,6)	140,9 (6,1)	142,0 (4,8)	141,8 (3,9)	144,3 (6,1)	144,4 (5,6)	140,7 (5,6)	143,6 (5,4)	140,5 (5,6)	142,5 (6,3)	143,6 (5,4)	(***)	(*)	0,13

(*) (**) (***) : respectivement $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$.

TABLEAU 5
*Effet de la température et du génotype sur la surface de la crête (mm²) : moyennes phénotypiques et écarts-types (entre parenthèses).
 Effects of temperature and genotype on comb area (mm²) : phenotypic means and standard deviations (within parentheses).*

Age (semaines)	18 °C			30 °C			Total génotypes groupés		Total traitements groupés			Analyse de variance Valeur de « F »		
	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	18 °C	30 °C	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Traite- ment	Géno- type	Inter- action
	(32)	(28)	(31)	(47)	(43)	(44)	(30)	(44)	(42)	(38)	(38)	(***)	(*)	(**)
8	115 (32)	108 (28)	114 (31)	141 (47)	134 (43)	128 (44)	112 (30)	134 (44)	128 (42)	121 (38)	121 (38)	21,19 (***)	0,97 (*)	0,69 (**)
13	231 (70)	221 (72)	239 (81)	425 (142)	379 (130)	327 (110)	230 (39)	370 (137)	324 (148)	299 (131)	279 (109)	108,63 (***)	3,62 (*)	5,56 (**)
16	494 (135)	485 (151)	508 (138)	815 (187)	710 (207)	662 (180)	495 (142)	725 (200)	650 (228)	593 (212)	585 (177)	116,51 (***)	3,42 (*)	5,14 (**)
24	792 (212)	824 (205)	838 (181)	1 089 (248)	1 099 (275)	1 029 (196)	818 (199)	1 073 (242)	936 (273)	967 (276)	934 (210)	78,12 (***)	0,34 (*)	1,27 (**)
35	800 (240)	848 (242)	879 (214)	1 212 (263)	1 180 (309)	1 115 (242)	843 (233)	1 169 (275)	1 006 (325)	1 006 (321)	999 (256)	91,82 (***)	0,07 (*)	1,87 (**)

(*) (**) (***) : respectivement $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$.

TABLEAU 6
*Effet de la température et du génotype sur la surface des barbillons (mm²) : moyennes phénotypiques et écarts-types (entre parenthèses).
 Effects of temperature and genotype on wattle area (mm²) : phenotypic means and standard deviations (within parentheses).*

Age (semaines)	18 °C			30 °C			Total génotypes groupés			Total traitements groupés			Analyse de variance Valeur de « F »				
	Na Na (37)	Na na ⁺ (36)	na ⁺ na ⁺ (33)	Na Na (51)	Na na ⁺ (48)	na ⁺ na ⁺ (43)	18 °C	30 °C	Na Na (47)	Na na ⁺ (43)	na ⁺ na ⁺ (39)	Na Na (138)	Na na ⁺ (104)	na ⁺ na ⁺ (99)	Traite- ment	Géno- type	Inter- action
8	133 (37)	133 (36)	116 (33)	161 (51)	146 (48)	122 (43)	127 (36)	142 (50)	147 (47)	140 (43)	119 (39)	147 (47)	140 (43)	119 (39)	(**)	(***)	1,31
13	258 (77)	242 (71)	235 (62)	434 (127)	349 (105)	296 (112)	244 (34)	352 (131)	342 (138)	295 (104)	262 (99)	342 (138)	295 (104)	262 (99)	(***)	(***)	7,07
16	544 (148)	534 (138)	449 (144)	794 (174)	646 (194)	573 (192)	509 (148)	666 (207)	666 (203)	588 (176)	511 (180)	666 (203)	588 (176)	511 (180)	(***)	(***)	4,70
24	785 (190)	797 (190)	709 (166)	1 069 (262)	970 (243)	889 (287)	765 (185)	974 (272)	923 (268)	881 (233)	799 (250)	923 (268)	881 (233)	799 (250)	(***)	(**)	1,69
35	725 (215)	706 (227)	615 (180)	1 081 (289)	928 (256)	869 (315)	683 (213)	955 (297)	903 (309)	811 (264)	743 (286)	903 (309)	811 (264)	743 (286)	(***)	(***)	1,28

(**) (***): respectivement $p < 0,01$; $p < 0,001$.

TABLEAU 7
Effet de la température et du génotype sur la consommation alimentaire (g/j) : moyennes phénotypiques et écartis-types (entre parenthèses).
Effects of temperature and genotype on feed consumption (g/d) : phenotypic means and standard deviations (within parentheses).

Age (semaines)	18 °C			30 °C			Total génotypes groupés		Total traitements groupés			Analyse de variance Valeur de « F »			
	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	18 °C	30 °C	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Traite- ment	Géno- type	Inter- action	
															(24)
15	170 (24)	165 (24)	153 (29)	108 (19)	108 (25)	106 (19)	163 (26)	107 (21)	140 (37)	137 (37)	130 (34)	(***) 343,30	(*)		
25	136 (22)	137 (20)	132 (20)	82 (21)	86 (18)	83 (16)	135 (20)	84 (18)	110 (34)	112 (32)	108 (30)	(***) 443,00	0,74	0,72	
35	142 (14)	142 (23)	128 (26)	85 (15)	81 (26)	82 (14)	138 (22)	83 (15)	113 (32)	111 (37)	105 (34)	(***) 497,62	(**)	4,61	0,30

(*) (**) (***) : respectivement $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$.

TABLEAU 8
Effet de la température et du génotype sur l'hématocrite (%) : moyennes phénotypiques et écarts-types (entre parenthèses).
Effects of temperature and genotype on haematocrit (%) : phenotypic means and standard deviations (within parentheses).

Age (semaines)	18 °C			30 °C			Total génotypes groupés		Total traitements groupés			Analyse de variance Valeur de « F »		
	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	18 °C	30 °C	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Traitement	Génotype	Interaction
	(2,5)	(2,3)	(1,9)	(3,2)	(2,4)	(2,6)	(2,7)	(3,7)	(3,2)	(2,7)	(4,1)	(***)	(***)	(***)
13	31,7 (2,5)	30,0 (2,3)	29,7 (1,9)	28,8 (3,2)	27,3 (2,4)	25,9 (2,6)	30,4 (2,7)	27,2 (3,7)	30,2 (3,2)	28,7 (2,7)	27,8 (4,1)	(***) 71,57	(***) 13,41	0,79
16	39,6 (2,6)	38,1 (2,9)	37,3 (2,8)	38,7 (3,9)	35,7 (3,3)	34,2 (3,6)	38,3 (2,9)	36,1 (4,0)	39,2 (3,3)	36,9 (3,3)	35,7 (3,6)	(***) 27,41	(***) 22,41	2,31
24	45,6 (3,6)	45,1 (4,2)	44,6 (3,3)	42,6 (5,1)	42,0 (3,7)	40,9 (5,3)	45,2 (3,8)	41,8 (4,7)	44,3 (4,7)	43,6 (4,3)	42,7 (4,7)	(***) 36,77	2,42	0,08
35	45,4 (3,7)	44,9 (4,8)	44,7 (5,2)	44,1 (4,0)	41,6 (4,6)	40,0 (4,3)	45,0 (4,6)	41,9 (4,6)	44,7 (3,9)	43,3 (5,0)	42,2 (5,3)	(***) 26,86	(**) 5,28	1,98

(**) (***) : respectivement $p < 0,01$; $p < 0,001$.

TABLEAU 9
*Effet de la température et du génotype sur le rythme respiratoire (N/min) : moyennes phénotypiques et écarts-types (entre parenthèses).
 Effects of temperature and genotype on respiration rate (N/min) : phenotypic means and standard deviations (within parentheses).*

Age (semaines)	18 °C			30 °C			Total génotypes groupés			Total traitements groupés			Analyse de variance Valeur de « F »		
	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	18 °C	30 °C	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Traite- ment	Géno- type	Inter- action	
															(4,4)
13	32,7 (4,4)	30,6 (4,8)	31,7 (4,6)	30,0 (3,5)	30,0 (3,7)	29,6 (4,2)	31,6 (3,1)	29,6 (5,3)	31,0 (5,4)	30,3 (4,3)	30,6 (5,3)	10,52 (***)	0,67 (*)	1,86	
16	26,3 (4,8)	25,8 (4,9)	25,0 (5,8)	24,8 (3,3)	24,0 (4,2)	22,5 (3,1)	25,7 (5,1)	23,5 (3,7)	25,6 (4,2)	24,9 (4,6)	23,5 (3,7)	10,80 (***)	3,29 (*)	0,27	
24	27,7 (5,2)	28,6 (5,0)	27,2 (4,7)	24,7 (4,1)	23,7 (2,9)	23,7 (3,2)	27,9 (5,0)	24,0 (3,4)	26,2 (4,9)	26,2 (4,8)	25,4 (3,4)	82,39 (***)	1,38	0,68	
35	21,0 (2,8)	20,0 (3,1)	20,2 (2,3)	20,9 (2,4)	21,1 (2,0)	20,5 (2,8)	20,4 (2,8)	20,8 (2,4)	21,0 (2,6)	20,5 (2,7)	20,3 (2,4)	1,61	0,99	0,99	

(*) (***) : respectivement $p < 0,05$; $p < 0,001$.

TABLEAU 10
 Effet de la température et du génotype sur la température de la peau (°C) : moyennes phénotypiques et écarts-types (entre parenthèses).
 Effects of temperature and genotype on skin temperature (°C) : phenotypic means and standard deviations (within parentheses).

Age (semaines)	18 °C			30 °C			Total génotypes groupés			Total traitements groupés			Analyse de variance Valeur de « F »		
	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	18 °C	30 °C	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Traite- ment	Géno- type	Inter- action	
	(0,60)	(0,49)	(0,63)	(0,80)	(0,80)	(0,60)	(0,34)	(0,49)	(0,45)	(0,68)	(0,43)	0,24	0,71	0,36	
13	39,1 (0,60)	39,3 (0,49)	39,6 (0,63)	39,5 (0,80)	39,6 (0,80)	39,9 (0,60)	39,2 (0,34)	39,6 (0,49)	39,3 (0,45)	39,3 (0,68)	39,7 (0,43)				
16	39,7 (0,52)	39,6 (0,49)	40,0 (0,37)	40,1 (0,58)	40,2 (0,53)	40,5 (0,53)	39,8 (0,49)	40,3 (0,57)	39,9 (0,59)	39,9 (0,57)	40,2 (0,52)	(***)	(***)	0,31	
24	39,3 (0,46)	39,5 (0,47)	39,8 (0,42)	39,7 (0,51)	39,8 (0,24)	40,2 (0,44)	39,5 (0,48)	39,9 (0,50)	39,5 (0,52)	39,6 (0,48)	40,0 (0,40)	(****)	(****)	0,18	
35	39,1 (0,55)	39,3 (0,37)	39,7 (0,56)	39,6 (0,49)	39,8 (0,39)	40,2 (0,48)	39,4 (0,54)	39,9 (0,51)	39,4 (0,57)	39,5 (0,45)	40,0 (0,58)	(****)	(****)	0,06	

(****) : p < 0,001.

TABLEAU 11
Effet de la température et du génotype sur la température rectale (°C) : moyennes phénotypiques et écarts-types (entre parenthèses).
Effects of temperature and genotype on rectal temperature (°C) : phenotypic means and standard deviations (within parentheses).

Age (semaines)	18 °C			30 °C			Total génotypes groupés		Total traitements groupés			Analyse de variance Valeur de « F »		
	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	18 °C	30 °C	Na Na	Na na ⁺	na ⁺ na ⁺	Traitement	Génotype	Interaction
13	41,3 (0,31)	41,5 (0,26)	41,4 (0,31)	41,4 (0,22)	41,4 (0,41)	41,7 (0,33)	41,4 (0,36)	41,5 (0,51)	41,3 (0,47)	41,4 (0,35)	41,6 (0,51)	1,44	0,51	0,29
16	41,5 (0,37)	41,6 (0,23)	41,7 (0,27)	41,6 (0,26)	41,7 (0,30)	41,9 (0,24)	41,6 (0,30)	41,7 (0,29)	41,5 (0,32)	41,6 (0,27)	41,7 (0,29)	(***)	(***)	0,91
24	41,5 (0,25)	41,5 (0,25)	41,7 (0,26)	41,5 (0,29)	41,5 (0,35)	41,8 (0,27)	41,6 (0,27)	41,6 (0,34)	41,5 (0,27)	41,6 (0,30)	41,8 (0,34)	1,58	(***)	1,05
35	41,2 (0,35)	41,4 (0,41)	41,5 (0,49)	41,5 (0,36)	41,5 (0,34)	41,9 (0,39)	41,4 (0,43)	41,6 (0,39)	41,4 (0,38)	41,5 (0,38)	41,6 (0,39)	20,38	(***)	0,70

(***) : p < 0,001.

longueur du tarse à tous les âges, en sens contraire de l'effet dépressif sur le poids corporel. Cet effet est significatif à 8, 24 et 35 semaines. On note d'autre part une influence négative du gène *Na* sur ce critère, marquée essentiellement chez l'homozygote *Na Na* au cours de la croissance et de même sens aux 2 températures. Cet effet est d'autant plus net que les animaux approchent de l'âge adulte. Ces résultats concordent avec ceux de MONNET *et al.* (1980) chez les pondeuses.

Les tableaux 5 et 6 contiennent les données relatives au développement des appendices céphaliques, crête et barbillons.

On observe un développement accru de la crête et des barbillons dans le milieu chaud, effet hautement significatif à tous les âges. En ambiance tempérée, les oiseaux de génotype *na⁺ na⁺* ont une crête plus développée que les animaux mutants. L'inverse est vrai pour les barbillons. En ambiance chaude par contre, tant la crête que les barbillons sont plus développés chez les oiseaux « cou nu ». L'hétérozygote est généralement intermédiaire entre les 2 homozygotes. D'autre part, une interaction génotype \times température est significative pour les 2 critères aux âges de 13 et 16 semaines. Globalement, ces résultats suggèrent encore une meilleure thermorégulation des oiseaux « cou nu » à température élevée. Par ailleurs, l'accentuation de la différence entre animaux cou nu ou non pour la taille des appendices céphaliques à 13 et 16 semaines, peut refléter un effet du génotype sur la maturité sexuelle, discuté dans l'article suivant (HAMMADE *et al.*, 1987).

C. Consommation alimentaire ; énergie métabolisable

Le tableau 7 montre l'effet dépressif (plus de 30 p. 100) et significatif de la température ambiante élevée sur la consommation alimentaire. D'autre part, les animaux porteurs du gène *Na* ont une consommation plus élevée dans l'ensemble. Cet effet est significatif à 15 et 35 semaines ; il paraît plus prononcé en valeur relative en ambiance tempérée : ainsi, en p. 100 du génotype *na⁺ na⁺*, le génotype *Na Na* consomme à 18 °C respectivement 111, 103 et 111 p. 100 aux âges de 19, 25 et 35 semaines ; à 30 °C les valeurs correspondantes sont voisines de 102, 99 et 104. Ceci s'accorde avec les résultats de MONNET *et al.* (1980) sur des poulettes. On peut l'interpréter par l'augmentation des déperditions caloriques associée à la réduction du plumage causée par le gène *Na*.

L'énergie métabolisable, mesurée respectivement sur les génotypes *Na Na*, *Na na⁺* et *na⁺ na⁺* à 18 °C est 2 876, 2 868 et 2 801 kcal/kg ; les valeurs correspondantes à 30 °C sont 2 889, 2 927 et 2 884. Les valeurs moyennes à 18 et 30 °C, tous génotypes réunis, sont 2 848 et 2 900, et la valeur moyenne des 3 génotypes, traitement groupés, est respectivement 2 883, 2 897 et 2 804. Le seul effet significatif est celui de la température ($P < 0,05$), indiquant une utilisation plus efficace de l'énergie de la ration à température élevée, résultat comparable, par exemple, à celui de WINCHESTER & KLEIBER (1938) et O'NEIL *et al.* (1971).

D. Mesures physiologiques

D'après le tableau 8, le pourcentage d'hématocrite est déprimé par la chaleur, l'effet étant hautement significatif à tous les âges. Quelle que soit la température, les oiseaux homozygotes « cou nu » ont une valeur d'hématocrite plus élevée que les homozygotes *na⁺ na⁺* (de l'ordre de 6 p. 100 au total). L'hétérozygote garde une valeur

intermédiaire. L'effet attribuable au génotype est significatif à tous les stades sauf à 24 semaines. Malgré l'absence d'interaction significative entre génotype et traitement, les différences entre génotypes paraissent plus accentuées à température élevée.

Le sens des différences entre traitements et génotypes est analogue pour le rythme respiratoire (tableau 9). Ce rythme est significativement plus rapide à 18 °C qu'à 30 °C, de l'âge de 13 à 24 semaines inclusivement, alors qu'à 35 semaines la respiration des animaux dans les 2 milieux est semblable.

L'effet du génotype n'est significatif, au total, qu'à l'âge de 24 semaines, mais aux différents âges et aux 2 températures le sens des différences est assez régulier, la tendance étant à un rythme plus rapide chez les animaux cou nu, notamment les homozygotes *Na Na*.

Les températures de la peau et rectale (respectivement tableaux 10 et 11) sont significativement supérieures chez les coqs maintenus en ambiance chaude à tous les âges excepté à 13 semaines, ainsi qu'à 24 semaines pour la seconde. Par ailleurs, quelle que soit l'ambiance, les homozygotes *Na Na* ont les températures les plus faibles, les hétérozygotes étant intermédiaires ; l'effet du génotype est hautement significatif sauf à 13 semaines.

IV. Conclusion

Les effets de la température sur les paramètres mesurés correspondent à ceux décrits à maintes reprises (voir par exemple SMITH & OLIVER, 1971) : diminution de la consommation alimentaire, du poids vif, du rythme respiratoire, de l'hématocrite ; augmentation de la croissance des os en longueur, de la température interne et superficielle, développement accru de la crête et des barbillons.

Parmi les effets associés au gène *Na*, certains apparaissent aux 2 températures : l'augmentation de consommation alimentaire peut s'interpréter comme une réponse à la thermolyse accrue du fait de la plus grande proportion de surfaces non emplumées ; celle du rythme respiratoire et de l'hématocrite peut correspondre à une élévation corrélative de l'activité métabolique. Par contre, la légère diminution de la température corporelle interne et superficielle, également dans les 2 milieux, suggère que les effets précédents n'assurent pas une thermorégulation tout à fait complète. Quant à la réduction dans les 2 environnements de la longueur des tarse et à l'augmentation de la taille des barbillons en association avec le gène *Na*, elles n'ont pas, pour l'instant, d'interprétation. Enfin, le poids vif est affecté en sens contraire aux 2 températures par le génotype au locus *Na*. L'effet négatif lié au gène « cou nu » à la température la plus basse peut, peut-être, être rapproché de la compensation insuffisante du métabolisme énergétique et de la température corporelle par l'ingestion alimentaire en présence de ce gène. Par contre, à température élevée, son effet positif va dans le sens d'une meilleure thermotolérance, en accord avec des résultats antérieurs (MÉRAT, 1986).

Reçu le 21 août 1986.

Accepté le 27 octobre 1986.

Références bibliographiques

- CRAWFORD R.D., 1976. Incomplete dominance of the gene for Naked Neck in the domestic fowl. *Poult. Sci.*, **55**, 820-822.
- FREEMAN B.M., 1966. Physiological response of the adult fowl to environmental temperature. *World's Poult. Sci. J.*, **22**, 140-145.
- FREEMAN B.M., 1971. Body temperature and thermoregulation. In : BELL D.J., FREEMAN B.M. (ed.), *Physiology and biochemistry of the domestic fowl*, vol. 2, 1115-1151. Academic Press, London.
- HAMMADE H., PETITJEAN M., DOUAIRE M., MALLARD J., MÉRAT P., 1987. Effet du gène *Na* (cou nu) chez des coqs élevés à deux températures. II. Caractéristiques du sperme et reproduction. *Génét. Sélect. Evol.*, **19**, (sous presse).
- HANZL C.J., R.G. SOMES Jr., 1983. The effect of the naked neck gene *Na* on growth and carcass composition of broilers raised in two temperatures. *Poult. Sci.*, **62**, 934-941.
- HORST P., RAUEN H.W., 1986. Significance of the Naked-Neck gene (*Na*-gene) in poultry breeding in the tropics. *C.R. 7^e conférence avicole européenne Paris, 25-31 août 1986*, vol. 1, 191-195. World's Poultry Science Association, branche française, Tours.
- KUSSAIBATI R., LECLERCQ B., 1985. A simplified rapid method for the determination of apparent and true metabolizable energy value of poultry feeds. *Arch. Geflügelkd.*, **45**, 54-62.
- MÉRAT P., 1986. Potential usefulness of the *Na* (Naked Neck) gene in poultry production. *World's Poult. Sci. J.*, **42**, 124-142.
- MONNET L.E., BORDAS A., MÉRAT P., 1979. Gène cou nu et performances de croissance selon la température chez le poulet. *Ann. Génét. Sélect. Anim.*, **11**, 397-412.
- MONNET L.E., BORDAS A., MÉRAT P., 1980. Gène cou nu, poids corporel et paramètres anatomiques et physiologiques des poulettes et poules adultes selon la température. *Ann. Génét. Sélect. Anim.*, **12**, 241-254.
- O'NEIL S.J.B., BALNAVE D., JACKSON N., 1971. The influence of feathering and environmental temperature on the heat production and efficiency of utilization of metabolizable energy by the mature cockerel. *J. Agric. Sci.*, **82**, 553-558.
- SCOTT T., CRAWFORD R.D., 1977. Feather number and distribution in the throat tuft of Naked Neck chicks. *Poult. Sci.*, **56**, 686-688.
- SMITH A.J., OLIVER J., 1971. Some physiological effects of high environmental temperature on the laying hen. *Poult. Sci.*, **50**, 912-925.
- SNEDECOR G.W., COCHRAN W.G., 1969. *Statistical methods*. 6^e ed., XIV + 593 pp., Iowa State Univ. Press, Ames.
- VAN KAMPEN M.V., 1971. Some aspects of thermoregulation in the *White Leghorn* fowl. *Int. J. Biom.*, **15**, 244-246.
- WINCHESTER C.F., KLEIBER M., 1938. The effect of environmental temperature on mortality rate, growth and utilization of food energy in W.L. chickens. *J. Agric. Res.*, **57**, 529-544.
- ZEIN-EL-DEIN A., MÉRAT P., BORDAS A., 1984. Composition corporelle de poulets « cou nu » ou normalement emplumés selon le taux protéique de la ration. *Génét. Sélect. Evol.*, **16**, 491-502.