

GÉNÉTIQUE FACTORIELLE ET PRODUCTION CHEZ LES VOLAILLES

I. — PLUMAGE « HERMINE » OU « SAUVAGE » : RELATION AVEC LA CROISSANCE EN POIDS

PAR

Ph. MERAT ⁽¹⁾

Station de Recherches Avicoles, C. N. R. S., Jouy-en-Josas.

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.

Matériel et résultats.

1. — Poids à 8 semaines.
Population principale.
Autres croisements.
Données groupées.
2. — Poids à 4 semaines.
3. — Relation entre croissance en poids et couleur du duvet.

Interprétation des résultats.

1. — Déterminisme génétique du noir dans le plumage.
2. — Mécanisme génétique de la liaison entre couleur et poids.
3. — Intérêt zootechnique.

INTRODUCTION

Peu de relations sont connues, chez la poule domestique, entre la présence de gènes identifiables, de pigmentation notamment, et la production des animaux. Pourtant, l'existence de telles relations aurait pour l'éleveur, sélectionneur ou multiplicateur, un intérêt pratique certain.

Les comparaisons entre races ne donnent évidemment à ce point de vue aucune indication indiscutable, les races usuelles différant entre elles à la fois par des caractéristiques d'ordres divers, conditionnées par des gènes multiples.

C'est par des comparaisons faites à l'intérieur de familles (ou pour réduire la variabilité génétique, de lignées consanguines) que l'on pourra

(1) Avec la collaboration technique de A. BOUCHARDEAU et O. ARGAND.

déterminer si un gène A et son allèle a, ou des gènes situés à des loci voisins, donnent lieu à des différences décelables pour une certaine production.

Dès 1930, PUNNETT, cité par HUTT (1949), recherchant des gènes à effet majeur sur des caractères quantitatifs, en l'occurrence la ponte, teste pour un linkage possible de tels gènes avec d'autres servant de marqueurs pour des groupes de linkage connus. Les résultats obtenus sont négatifs en ce qui concerne l'influence sur la ponte de gènes liés au sexe décelables de cette façon. Il ne semble pas que cette méthode ait été reprise, sauf par MAW, en 1935, cité par HUTT ; MAW trouve que la Light Brahma et la Golden Sebright Bantam diffèrent par un gène majeur lié au sexe et dominant, réduisant la taille dans les deux sexes.

Du même ordre, mais avec une arrière-pensée un peu différente, sont les recherches tendant à mettre en évidence un effet pléiotropique de quelques gènes ou groupes de gènes connus pour un effet « extérieur » et soupçonnés influencer par ailleurs sur la production.

Cités encore par HUTT, KABYSTINA et PETROV (1935) trouvent une liaison entre la longueur du duvet et la présence de certains gènes de coloration. Ils comparent les couleurs deux à deux, par exemple noir restreint ou étendu, présence de noir ou inhibition de ce noir par le « blanc dominant ». Ainsi, les deux classes diffèrent par un gène connu, et ils arrangent les accouplements de façon que les couleurs comparées soient dans le rapport 1/1. Le reste du génotype est ainsi rendu aussi comparable que possible pour les deux catégories. Les résultats suggèrent un effet pléiotropique de ces divers gènes, une restriction de la pigmentation semblant aller de pair avec un duvet plus long.

L'AMOREUX (1942) n'observe aucune liaison, chez des Leghorns blancs, entre l'intensité de coloration du duvet et la productivité.

COCHEZ (1951) met en évidence le rôle joué par la présence à l'état homozygote du gène R (crête rosacée) dans la mauvaise fertilité de la Wyandotte. LERNER (1954) suggère que cet effet pourrait être dû à l'état homozygote par lui-même de R ou du fragment de chromosome l'englobant.

HUTT (1951) montre que le gène d'extension du noir, E, s'accompagne chez certains animaux d'un duvet très court, et présente alors une action sublétale dans les derniers stades de l'incubation ; plusieurs arguments sont en faveur d'une action pléiotropique de E, et non d'un gène lié (BOYER, 1955, propose toutefois cette alternative). Les gènes B (barrure liée au sexe) et *k* (emplumement rapide lié au sexe) suppriment cette action de E. L'hypothèse est émise de besoins plus grands des embryons E en riboflavine. BERNIER et COONEY (1954) confirment cette hypothèse. Divers croisements leur fournissent des ségrégations de gènes de pigmentation, donnant des poussins noirs et non noirs. Une partie des œufs incubés reçoit une solution aqueuse de riboflavine dans la chambre à air ; on constate que l'éclosion est meilleure pour les œufs ainsi traités, que les embryons

moins pigmentés éclosent mieux, et que l'action du traitement est plus grande sur les œufs contenant des embryons noirs. De même, pour les symptômes de déficience en riboflavine, ceux-ci sont plus marqués chez les poussins noirs.

Récemment, JEROME et al. (1956), à partir d'un croisement de retour Ii (hétérozygotes pour le blanc dominant) xii, comparent les performances moyennes, pour la croissance en poids, des descendants blancs et de leurs frères et sœurs non blancs, élevés au sol dans les mêmes locaux, mais séparés par un grillage pour comparer les indices de consommation. Les poulets blancs sont moins lourds en moyenne à 10 semaines et utilisent moins bien la nourriture, la différence étant significative pour le poids. Le chauffage étant par infra-rouges, les auteurs suggèrent que les poulets blancs auraient pu moins bien profiter de la chaleur, sans en apporter d'ailleurs de preuves.

JAAP et GRIMES (1956) apportent une étude analogue. Grâce à des croisements où la descendance présentait une ségrégation simultanée pour plusieurs gènes, ils constatent que I (inhibiteur du noir) réduit en moyenne la croissance, mais leurs données suggèrent une interaction avec les gènes E, B ; S ou K réduisent peut-être aussi la vitesse de croissance, mais indépendamment de I. L'étude porte sur des nombres importants, et les différences observées en élevage au sol sur le poids à 8 semaines, quoique relativement faibles, sont significatives. Les résultats portent sur plusieurs lignées ; il pourrait s'agir d'un effet pléiotropique des gènes en question. Les auteurs font ressortir l'intérêt pratique possible de telles recherches, si d'autres exemples semblables étaient trouvés, et si les différences observées augmentaient dans des conditions de milieu moins favorables que les leurs.

On peut citer dans le même ordre d'idées les résultats de COCK (1956) montrant que, dans plusieurs lignées consanguines, l'état hétérozygote subsistait plus souvent que ne le prévoit le calcul à plusieurs loci correspondant à des cryptomères masqués par la couleur blanche, ce qui revient à admettre une valeur sélective plus grande de l'hétérozygote pour ces loci.

En ce qui concerne le gène *k* d'emplumement rapide, des investigations un peu plus nombreuses ont été faites sur ses rapports possibles avec divers aspects de la production (WARREN et PAYNE, 1945 ; HAYS, 1951 ; HAYS et SPEAR, 1951 ; GODFREY et FARNSWORTH, 1952 ; HURRY et NORDSKOG, 1953 ; PLUMART et MUELLER, 1954 ; HALE, 1954 ; HOWES et HUTT, 1956 ; RAM et HUTT, 1956). L'influence possible sur la croissance pondérale semble incertaine ; quant aux autres performances étudiées, aucune relation n'a été trouvée avec la présence ou l'absence de *k*. Par contre, on s'accorde à reconnaître une liaison positive entre vitesse de croissance et présence de gènes d'emplumement non liés au sexe (en particulier GLAZENER et JULL, 1946 ; HAYS, 1951 ; HURRY et NORDSKOG, 1953).

A ces résultats, somme toute peu abondants, on peut ajouter l'influence sur la vigueur ou la productivité de l'animal de gènes conditionnant le groupe sanguin dont il fait partie (voir notamment SCHULTZ et BRILES, 1953 ; BRILES, 1956 ; KRUEGER, BRILES et WOODS, 1956, etc.).

MATÉRIEL ET RÉSULTATS

1. — Poids à 8 semaines.

a) Population principale

La population étudiée d'abord était issue principalement de croisements ♂ Rhode-Island rouge × ♀ Gâtinaise, avec quelques introductions de Wyandotte, Marans et Sussex. Quoique ces croisements n'aient pas été faits initialement dans ce but, ils fournissaient, dès la première génération, des ségrégations pour un certain nombre de gènes de couleur du plumage, par suite de la variabilité génétique existant chez la Gâtinaise sous le blanc « récessif » (MÉRAT, 1956). En particulier, on observait des animaux de type « herminé » et d'autres à noir plus étendu, rappelant d'une façon approchée la Faverolles ou la Leghorn dorée (le gène E étant absent de cette population).

L'analyse qui suit a pour but de chercher des rapports possibles entre la présence de ces types de plumage et la croissance en poids des animaux, à titre d'indication préliminaire et vu le manque de renseignements sur ce sujet.

L'observation du plumage avait lieu à 8 semaines, et, depuis 1956, une deuxième fois, vers 12 semaines pour les coqs (dont une partie était abattue à cet âge) et 4 à 5 mois pour les poules. L'extension du noir était examinée dans le plumage et le sous-plumage. Plusieurs catégories avaient été faites, suivant l'extension du noir dans le sous-plumage. Finalement, les animaux ont été groupés en deux classes pour l'analyse présente :

1° Dans la première étaient groupés les animaux à sous-plumage gris plus ou moins foncé sur tout le corps. Ceci allait de pair avec un plumage à noir plus étendu que dans le type « herminé », rappelant le type Leghorn doré, chez les ♀ et les ♂. Étaient aussi rangés dans cette catégorie des animaux à sous-plumage relativement clair, mais ayant eux aussi du noir plus étendu dans le plumage.

2° Dans la deuxième rentraient les animaux à sous-plumage clair, ou gris seulement sur le dos, à plumage herminé, ou dont le noir s'étendait légèrement sur le dos.

Pour abrégé et pour la commodité, ces deux catégories sont désignées conventionnellement dans ce qui suit par « type sauvage » et « type herminé ».

La répartition dans ces deux classes, malgré certains cas douteux, était relativement nette, et les différences entre la classification à 8 semaines et celle faite plus tard sont assez peu importantes.

L'analyse se limite, pour chaque sexe, aux familles contenant à la fois les deux catégories décrites plus haut. Comme les animaux des deux classes étaient élevés ensemble, ils devaient ainsi différer aussi peu que possible quant aux conditions de milieu subies et quant au génotype moyen, à l'exception des gènes conditionnant la répartition du noir dans le plumage et le sous-plumage et des fragments de chromosomes adjacents. En particulier, sur les générations étudiées, plusieurs autres gènes de coloration n'étaient pas fixés, mais, telle que l'analyse était conduite, les divers allèles étaient à peu près également répartis dans les deux classes faites.

Les animaux étaient élevés au sol, recevaient un aliment de type courant, sans antibiotiques ni médicaments préventifs, et étaient sélectionnés pour un ensemble d'aptitudes (ponte, croissance, vitalité), l'extension du noir dans le plumage n'entrant pas en ligne de compte dans le choix des reproducteurs.

La première génération de la population étudiée étant née au printemps 1954, trois générations consécutives ont été analysées, nées aux printemps 1955 (F2), 1956 (F3) et 1957 (F4). D'autre part, une population séparée de même origine était reproduite en automne 1954 (F2), 1955 (F3) et 1956 (F4).

Les résultats pour le poids à 8 semaines sont notés dans le tableau I.

b) Autres croisements

Dans l'ensemble, ces premiers résultats indiquaient une supériorité moyenne du type « sauvage » pour le poids à 8 semaines.

Plusieurs croisements faits dans d'autres buts à la Station fournissaient des populations d'origine différente se prêtant à la même analyse. Il s'agissait :

1° De la descendance de croisements Marans × Sussex où la Marans d'ordinaire E, avait apporté l'allèle e^+ ou l'un des allèles voisins postulés par KIMBALL (1952). Seuls, les descendants non E du croisement initial avaient été gardés comme reproducteurs.

Les générations étudiées sont celles du printemps 1955 (F2) et du printemps 1956 (F3).

2° De la descendance F2 de croisements Faverolles × Sussex ou Faverolles × New Hampshire (printemps 1954, automne 1956), et d'un croisement ultérieur de ces animaux avec des descendants des croisements (Marans × Sussex) (mai 1957).

Ici encore, n'entraient dans l'analyse pour un sexe donné que les familles ayant à la fois des enfants dans les deux classes.

TABLEAU I

Comparaison « type herminé » et « type sauvage » : poids à 8 semaines.

Sexe ; catégorie	Nombre N	Poids moyen en décagr. \bar{x}	Variance s^2	Comparaison des moyennes
Automne 1954 (1)				
♀ } type herminé	27	59,11	125,5	N.S.
} type sauvage	8	57,37	(82,6)	
♂ } type herminé	39	63,46	122,1	N.S.
} type sauvage	12	65,25	(113,5)	
Printemps 1955				
♀ } type herminé	150	66,59	143,0	N.S.
} type sauvage	36	69,33	159,2	
♂ } type herminé	245	75,92	237,3	P # 0,05
} type sauvage	55	79,60	213,6	
Automne 1955				
♀ } type herminé	32	70,56	113,3	N.S.
} type sauvage	11	72,00	(112,4)	
♂ } type herminé	11	84,00	(73,0)	N.S.
} type sauvage	5	80,80	(24,8)	
Printemps 1956				
♀ } type herminé	285	60,31	141,8	P < 0,005
} type sauvage	143	63,37	91,9	
♂ } type herminé	272	72,30	153,5	P < 0,001
} type sauvage	131	78,32	78,2	
Automne 1956				
♀ } type herminé	97	70,57	82,0	N.S.
} type sauvage	65	72,10	100,0	
♂ } type herminé	99	84,10	127,7	N.S.
} type sauvage	48	84,81	64,9	
Printemps 1957				
♀ } type herminé	504	58,42	184,2	P < 0,001
} type sauvage	276	63,48	109,8	
♂ } type herminé	526	70,68	232,8	P < 0,001
} type sauvage	283	75,91	165,2	

(1) Les variances estimées à partir de très petits nombres sont mises entre parenthèses.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau II.

Les familles sur lesquelles portait l'analyse des tableaux I et II étaient au nombre de : (tableau III).

c) Données groupées

Vu la supériorité, pas toujours très grande, mais régulière, des plumages « sauvages », il était intéressant de grouper les données de plusieurs générations. Auparavant, quelques remarques sont à faire.

TABLEAU II

Type « herminé » et « sauvage » sur les autres croisements :
Poids à 8 semaines.

Sexe ; catégorie	Nombre N	Poids moyen en décagr. \bar{x}	Variance s^2	Comparaison des moyennes
1. — Croisements Marans × Sussex (1)				
Printemps 1955				
♀ } type herminé	122	59,40	151,5	P < 0,05
♀ } type sauvage	68	62,85	88,5	
♂ } type herminé	96	69,15	312,0	N.S.
♂ } type sauvage	40	73,00	189,0	
Printemps 1956				
♀ } type herminé	137	54,64	79,8	N.S.
♀ } type sauvage	70	55,48	86,0	
♂ } type herminé	61	78,65	199,8	N.S.
♂ } type sauvage	22	77,25	167,0	
2. — Croisements Faveroles				
Printemps 1954 (F ₂ Faveroles × Sussex)				
♂ } type herminé	90	66,50	238,5	P < 0,02
(2) } type sauvage	76	70,85	67,1	
Automne 1956 (F ₂ Faveroles × Sussex)				
♀ } type herminé	52	69,17	100,5	N.S.
♀ } type sauvage	23	70,82	143,3	
♂ } type herminé	30	76,00	367,2	N.S.
♂ } type sauvage	22	77,72	156,7	
Automne 1956 (F ₂ Faveroles × New-Hampshire)				
♀ } type herminé	68	79,38	128,1	N.S.
♀ } type sauvage	32	79,71	124,5	
♂ } type herminé	60	94,38	143,2	P < 0,01
♂ } type sauvage	24	101,70	101,7	
Mai 1957				
♀ } type herminé	27	62,77	162,7	N.S.
♀ } type sauvage	10	61,00	(224,9)	
♂ } type herminé	27	53,77	134,8	N.S.
♂ } type sauvage	19	54,73	(75,6)	

(1) Les variances estimées à partir de très petits nombres sont mises entre parenthèses.

(2) ♀ non pesées.

Tout d'abord, trois catégories avaient été faites primitivement pour le plumage ; elles correspondaient aux observations suivantes :

1° Sous-plumage plus ou moins foncé sur tout le corps, plumage à noir relativement étendu.

2° Sous-plumage plus ou moins foncé seulement sur le dos, plumage herminé ou avec un peu de noir sur le dos.

3° Sous-plumage clair, plumage de type herminé.

Les seules familles possédant ces trois catégories à la fois avaient été

TABLEAU III

	♀		♂	
	Nombre de pères	Nombre de mères	Nombre de pères	Nombre de mères
Population principale				
Automne 1954	5	7	8	11
Printemps 1955	7	27	9	35
Automne 1955	3	6	2	3
Printemps 1956	12	51	14	53
Automne 1956	14	38	13	30
Printemps 1957	20	99	20	108
Croisements Marans × Sussex				
Printemps 1955	4	22	5	16
Printemps 1956	10	32	6	14
Croisements Faverolles				
Printemps 1954	—	—	2	19
Automne 1956	6	23	5	19
Mai 1957	4	7	6	12

comprises dans l'analyse ; il apparaissait, dans les diverses années, que la différence moyenne entre les catégories (2) et (3) était de peu d'importance à côté de celle entre (2) et (3) d'une part et (1) d'autre part. Nous nous contenterons de le montrer sur les résultats groupés des diverses générations de la population principale. (Tableau IV).

TABLEAU IV

Sexe	Catégorie	Nombre N	Poids moyen en écarts à la moyenne annuelle (en décagrammes) x
♀	(1)	437	+ 2,9
	(2)	457	— 0,8
	(3)	379	— 1,4
♂	(1)	513	+ 3,3
	(2)	506	— 0,9
	(3)	406	— 1,5

C'est au vu de ces résultats que les catégories (2) et (3) ont finalement été groupées en une seule, correspondant au type « herminé », la catégorie (1) formant le type « sauvage » de l'analyse présente.

Une autre remarque concerne certains animaux Bb ou B- (B étant la barrure liée au sexe) et Blbl (« Blue ») inclus dans les résultats des tableaux I et II. L'objection pouvait être faite que, ces deux gènes atténuant la pigmentation noire, la classification des animaux correspondants en « type herminé » ou « type sauvage » pouvait en être affectée. Apparemment, ce n'est pas le cas (le critère de classification était la répartition du

noir et non son intensité). Toutefois, les moyennes et variances pour le poids à 8 semaines ont été recalculées en excluant les familles où B et Bl étaient apparus. Les résultats sur les diverses années sont en tous points comparables à ceux des tableaux I et II ; nous nous contenterons de donner ici les résultats groupés (tableau V).

TABLEAU V

Comparaison « type herminé » — « type sauvage » pour le poids à 8 semaines, à l'exclusion des animaux porteurs de B ou Bl.

Sexe ; catégorie	Nombre N	Poids moyen en écarts à la moyenne annuelle (en décagrammes)	Variance s ²	Comparaison des moyennes
Population principale (données groupées)				
♀ } type herminé.....	709	- 1,36	218,0	P < 0,001
♀ } type sauvage.....	391	+ 2,47	98,5	
♂ } type herminé.....	727	- 1,63	201,0	P < 0,001
♂ } type sauvage.....	376	+ 3,16	143,1	
Autres croisements				
♀ F ³ (Marans × Sussex) printemps 1956 (le reste est inchangé par rapport au tableau II).				
type herminé.....	68	- 0,61	83,2	N.S.
type sauvage.....	31	+ 1,36	111,2	

Vu la similitude de ces résultats partiels et de ceux incluant les animaux porteurs de B et Bl, nous ne considérons dans ce qui suit que ces derniers résultats.

Les données groupées correspondant aux tableaux I et II fournissent alors le résultat suivant : (tableau VI).

Outre les différences relatives aux moyennes, les résultats indiquaient aussi, dans leur ensemble, une variabilité intra-années plus grande pour le type « herminé ». Le test F a donc été appliqué pour comparer la variance intra-années des deux classes sur les données groupées (tableau VII).

Deux remarques doivent être faites concernant la validité des tests employés. D'une part, les variances ne sont pas homogènes dans les deux classes. Ceci, pratiquement, n'enlève pas sa validité au test de comparaison des moyennes (cf. VESSEREAU, 1948). D'autre part, l'ajustement à la normalité des distributions de fréquences de chaque classe (avec les données groupées) donne les résultats suivants : (tableau VIII).

Les distributions peuvent être traitées comme des distributions normales, à l'exception de celle des ♀ « herminées », dissymétrique avec un étalement plus grand vers les poids inférieurs (1). Les conditions d'ap-

(1) Une légère dissymétrie avec étalement vers les faibles poids semble générale dans nos distributions de poids à 8 semaines, mais de faible importance.

TABLEAU VI

Données groupées.

Sexe ; Catégorie	Nombre N	Poids moyen en écarts à la moyenne de l'année (décagrammes) \bar{x}	Variances intra-années groupées s^2	Comparaison des moyennes
Population principale				
♀ } type herminé	1 095	— 1,21	155,1	P < 0,001
♀ } type sauvage	539	+ 2,47	106,8	
♂ } type herminé	1 192	— 1,41	202,0	P < 0,001
♂ } type sauvage	534	+ 3,16	137,7	
Croisements issus de (Marans × Sussex)				
♀ } type herminé	259	— 0,76	113,6	N.S. (0,05 < P < 0,10)
♀ } type sauvage	138	+ 1,43	87,2	
♂ } type herminé	157	— 0,54	268,6	N.S.
♂ } type sauvage	62	+ 1,37	181,3	
Croisements Faverolles				
♀ } type herminé	147	— 0,34	139,7	N.S.
♀ } type sauvage	74	+ 0,67	131,0	
♂ } type herminé	207	— 1,09	251,5	N.S.
♂ } type sauvage	132	+ 1,71	151,1	
Total général				
♀ } type herminé	1 501	— 1,04	146,4	P < 0,001
♀ } type sauvage	751	+ 2,10	105,6	
♂ } type herminé	1 556	— 1,28	215,2	P < 0,001
♂ } type sauvage	728	+ 2,74	143,7	

TABLEAU VII

Comparaison des variances intra-années.

	Type herminé		Type sauvage		Rapport des variances	Significa- tion
	Degrés de liberté	Variance intra- années groupée	Degrés de liberté	Variance intra- années groupée		
Population principale :						
♀	1 089	155,1	533	106,8	1,45	p < 0,001
♂	1 186	202,0	528	137,7	1,46	p < 0,001
Croisements (Marans x Sussex) :						
♀	257	113,6	136	87,2	1,30	p ≇ 0,05
♂	155	268,6	60	181,3	1,48	p ≇ 0,05
Croisements — Faverolles :						
♀	145	139,7	72	131,0	1,06	N.S.
♂	204	251,5	129	151,1	1,66	p < 0,01
Total général :						
♀	1 491	146,4	741	105,6	1,38	p < 0,001
♂	1 545	215,2	717	143,7	1,49	p < 0,001

TABLEAU VIII
Ajustements à la normalité.

	Degrés de liberté du χ^2	χ^2	p
♀ type herminé.....	15	36	p < 0,01 0,30 < p < 0,50
type sauvage.....	13	14	
♂ type herminé.....	17	20	0,20 < p < 0,30 0,05 < p < 0,10
type sauvage.....	14	23	

plication du test F ne sont donc pas strictement remplies ici. Cependant, l'écart à la normalité n'apparaît pas assez considérable pour que l'erreur résultant de son application soit grave ; les différences observées sont de toutes façons largement suffisantes pour être considérées comme hautement significatives dans leur ensemble.

2. — Poids à 4 semaines.

Les pesées à 4 semaines n'ont été faites que sur les générations du printemps 1956 et du printemps 1957 de la population principale et sur le croisement de mai 1957. Elles donnent les résultats suivants (tableau IX) :

TABLEAU IX
Poids à 4 semaines ⁽¹⁾.

Sexe-Catégorie	Nombre	Poids moyen en décagrammes	Variance	Comparaison des moyennes
Printemps 1956				
♀ } type herminé.....	138	21,11	18,1	N.S.
} type sauvage.....	42	22,07	10,6	—
♂ } type herminé.....	126	24,68	17,9	p < 0,025
} type sauvage.....	46	26,47	14,2	—
Printemps 1957				
♀ } type herminé.....	504	23,29	30,5	p < 0,005
} type sauvage.....	275	24,40	19,8	—
♂ } type herminé.....	542	26,46	33,1	p < 0,001
} type sauvage.....	292	27,83	26,5	—
Mai 1957 (Croisement Faverolles)				
♀ } type herminé.....	26	19,11	(20,7)	N.S.
} type sauvage.....	21	19,57	(13,4)	—
♂ } type herminé.....	27	22,07	(21,3)	N.S.
} type sauvage.....	10	23,00	(33,3)	—

(1) La pesée à 4 sem. n'a été faite que sur une partie des animaux en 1956. Il faut en plus tenir compte de la mortalité entre 4 et 8 semaines, de quelques pertes de numéros, etc. d'où les nombres différents à 4 et 8 semaines.

Les différences sont comparables à celles pour le poids à 8 semaines, et la comparaison des variances intra-années sur l'ensemble des résultats donne ce qui suit :

TABLEAU X

	Type herminé		Type sauvage		Rapport des variances	Signification
	Degrés de liberté	Variance intra-années groupée	Degrés de liberté	Variance intra-années groupée		
♀	665	27,6	335	18,3	1,51	$p < 0,001$
♂	692	30,0	345	25,0	1,20	$p < 0,05$

Les distributions présentent, plus marquée qu'à 8 semaines, une certaine tendance à être dissymétriques et un peu plus étalées vers les faibles poids. Une transformation adéquate des données pourrait rendre ces distributions normales, mais, outre que la signification des différences sur les moyennes n'est de toutes façons pas douteuse, une telle transformation aurait un caractère assez arbitraire.

3. — Relation entre croissance en poids et couleur du duvet.

Vu les résultats obtenus avec la couleur du plumage, il semblait intéressant de comparer la croissance des animaux à duvet rayé (« striped ») ou non, la couleur du duvet et celle du plumage ou du sous-plumage étant en partie liées.

Le tableau XI donne cette comparaison pour la population principale ; les duvets ⁽¹⁾ ont été classés en trois catégories (absence de rayure, rayure incomplète, rayés) et seules ont été comptées les familles ayant à la fois, pour un sexe donné, ces trois catégories, qui, dans le tableau, sont désignées respectivement par 1, 2 et 3.

Une légère différence apparaît ici, dans l'ensemble, en faveur des duvets « rayés », mais elle est faible et non significative.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.

1. — Déterminisme génétique du noir dans le plumage.

Une supériorité moyenne, pour la croissance en poids, des animaux à noir plus étendu dans le plumage sur ceux à noir restreint se révèle donc ici comme un phénomène significatif et répété dans les divers croisements et générations étudiés ; cette supériorité est, à 8 semaines, de l'ordre de 40 g pour les coqs, 30 g pour les poules.

⁽¹⁾ En excluant naturellement les animaux pouvant être homozygotes pour le blanc « récessif » c, ce gène se trouvant dans la population étudiée.

TABLEAU XI

Duvet et poids à 8 semaines (population principale seulement).

Sexe ; Catégorie	Nombre N	Poids moyen en déca- grammes	Variance s ²	Comparaison des moyennes	
(Automne 1954 : trop peu de données) Printemps 1955					
♀	1.....	99	63,05	183,0	N.S.
	2.....	71	64,55	137,0	
	3.....	62	66,75	168,3	
♂	1.....	94	77,20	279,0	N.S.
	2.....	50	79,30	269,8	
	3.....	35	79,10	258,5	
(Automne 1955 : trop peu de données) Printemps 1956					
♀	1.....	154	61,20	124,6	N.S.
	2.....	105	61,58	132,9	
	3.....	95	59,27	127,8	
♂	1.....	100	75,12	143,8	N.S.
	2.....	84	76,65	137,7	
	3.....	51	76,17	147,3	
Automne 1956					
♀	1.....	46	71,15	60,5	N.S.
	2.....	21	70,20	40,3	
	3.....	27	71,25	101,8	
♂	1.....	50	83,40	163,8	P < 0,05
	2.....	28	89,00	178,5	
	3.....	24	87,05	115,0	
Printemps 1957					
♀	1.....	141	59,44	155,5	N.S.
	2.....	70	60,74	116,4	
	3.....	105	62,20	145,3	
♂	1.....	123	71,83	212,0	N.S.
	2.....	46	71,08	352,0	
	3.....	51	70,50	213,0	
Données groupées (moyennes exprimées en écarts à la moyenne de l'année) ; variances intra-années					
♀	1.....	440	- 0,54	141,0	N.S.
	2.....	267	+ 0,29	122,6	
	3.....	289	+ 0,57	140,4	
♂	1.....	307	- 0,62	204,0	N.S.
	2.....	208	+ 0,95	222,1	
	3.....	161	+ 0,21	187,5	

Ce fait en lui-même a son intérêt, mais il est nécessaire de l'interpréter plus avant.

La classification adoptée pour les plumages était imparfaite ; elle comportait une certaine imprécision, des cas limites étant placés arbitrairement dans l'une ou l'autre des deux classes. Il serait naturellement intéressant de faire des observations plus détaillées, sur le duvet, les plumages juvénile et adulte, ainsi que sur la présence de gènes de dessins du plumage (KIMBALL, 1953).

Cependant, s'il s'agit seulement de montrer l'influence sur la croissance de certains gènes influant sur la pigmentation noire, ces imprécisions ne sont pas graves, à deux conditions : la première est qu'elles n'aient pas un caractère systématique, ce qu'on a tout lieu de penser ⁽¹⁾. La deuxième est que, à ces imprécisions près, notre classification phénotypique reflète fidèlement le génotype pour la pigmentation ; en d'autres termes, que l'extension du noir soit uniquement, ou du moins essentiellement, conditionnée par des différences génétiques.

Ceci apparaît peu douteux dans nos conditions ; mais il est pourtant prudent de se demander si des influences extérieures ne pourraient pas rendre compte des différences moyennes de croissance observées, dans l'hypothèse où, sur certains animaux, ces influences empêcheraient une croissance normale et restreindraient en même temps la formation du pigment noir.

Des cas sont connus où une déficience alimentaire, un choc, une maladie, etc... influent sur la pigmentation.

Mais il s'agit de carences importantes, alors que nos animaux recevaient une alimentation équilibrée et étaient élevés tous ensemble, dans des conditions, sans doute, non optimales (la densité était souvent notablement plus élevée que 10 au m² à 8-10 semaines), mais cependant normales (la mortalité jusqu'à 10 semaines s'étant élevée, au maximum, aux environs de 10 p. 100). Il est fort douteux que, dans ces conditions, les conditions de milieu subies par certains animaux aient pu provoquer des effets tels qu'une réduction presque complète du noir. D'ailleurs, dans nos conditions, nous n'avons jamais observé de dépigmentation de ce genre chez des races comme la Faverolles ou la Leghorn dorée (de type « sauvage »). En outre, ceux de nos animaux analysés ici dont la croissance était la plus médiocre avaient une allure normale, plumage compris ; quelques animaux anormalement petits observés dans chaque bande étaient plus nombreux parmi les types « herminés », mais, de toutes façons, vu leur faible nombre, ils ne pouvaient rendre compte à eux seuls, et de loin, des différences observées. Qui plus est, nous avons vérifié que la différence moyenne de poids entre « type herminé » et « type sauvage » existait dans toutes les bandes élevées pour chaque génération, quelle que soit leur croissance moyenne, bonne ou médiocre.

Par ailleurs, cette hypothèse d'une influence du milieu défavorable à la fois à la croissance et à la pigmentation pouvait être partiellement testée sur des animaux, à duvet rayé (« striped ») à 1 jour, et classés « type herminé » à 8 semaines. Ces animaux avaient des performances voisines de celles de l'ensemble des animaux « herminés » (sur les géné-

⁽¹⁾ En particulier, on pouvait se demander si les animaux très mal emplumés à 8 semaines ne pouvaient avoir leur classement faussé ; or, ils sont assez peu nombreux (le gène k d'emplumement rapide est presque fixé dans la population principale) et leur proportion dans les deux classes est du même ordre.

rations des printemps 1955, 1956 et 1957) et vu leur faible nombre, ne pourraient non plus, de toutes façons, rendre compte des différences de poids constatées.

Si les différences observées sont bien essentiellement d'origine génétique, peut-on préciser à quels gènes elles correspondent ? La population principale avait une variabilité assez grande de plumages ; l'extension du noir y dépendait certainement pour une bonne part des gènes e et e^+ ou d'allèles voisins de la même série, mais aussi, sans doute, de gènes modificateurs correspondant au « complément mélanique » de KIMBALL (1952). C'est donc à priori à l'ensemble de ces gènes pris globalement que nous pouvons attribuer l'effet observé sur la croissance.

Il est intéressant de noter que la coloration du duvet (bandes foncées ou non) n'a que des rapports beaucoup plus faibles avec la croissance. C'est la présence de gènes influant spécifiquement sur le plumage qui agit.

En ce qui concerne plus spécialement les croisements Faverolles, la classification phénotypique dont nous nous sommes contentés reflète bien la ségrégation des allèles e et e^+ , par lesquels la Faverolles diffère de la Sussex et de la New-Hampshire (KIMBALL, 1952). La 1^{re} génération était, grosso modo, du type Sussex ou New-Hampshire, respectivement ; quant aux croisements de 2^e génération, ils comprenaient des accouplements $F_1 \times F_1$ (σ (Faverolles \times Sussex) \times φ (Faverolles \times Sussex)) ou σ (Faverolles \times New-Hampshire) \times φ (Faverolles \times New-Hampshire) ; et, en outre, un croisement de retour σ Faverolles \times φ (Faverolles \times Sussex). Les proportions des types « herminé » et « sauvage » y étaient les suivantes (en incluant cette fois les familles n'ayant qu'une des deux catégories phénotypiques) :

TABLEAU XII

	Type herminé	Type sauvage	Proportion théorique
Faverolles \times Sussex :			
σ ($F_1 \times F_1$), printemps 1954	45	21	3/1
σ ($F_1 \times F_1$), automne 1956	39	22	3/1
φ ($F_1 \times F_1$), automne 1956	64	25	3/1
Faverolles \times Sussex :			
σ ($F_0 \times F_1$), printemps 1954	45	55	1/1
Faverolles \times New-H. :			
σ ($F_1 \times F_1$), automne 1956	83	35	3/1
φ ($F_1 \times F_1$), automne 1956	90	32	3/1

Le calcul du χ^2 permet de vérifier l'accord entre ces proportions observées et les proportions prévues de 3/1 ou 1/1 (1), dans l'hypothèse de la ségrégation d'un gène unique. Ainsi, dans le cas de ces croisements,

(1) Avec un certain excès de « type sauvage » chez les σ .

on peut légitimement attribuer les différences moyennes de croissance observées à l'action des allèles e ou e^+ .

2. — Mécanisme génétique de la liaison entre couleur et poids.

Si l'on ne considère que la population principale, suivie pendant 2 fois 3 générations (au printemps et à l'automne) deux hypothèses se présentent : action pléiotropique des gènes d'extension du noir (ou de certains d'entre eux), ou linkage entre gènes de pigmentation et gènes ayant un effet majeur sur la croissance.

Les allèles de la série e/e^+ ayant un rôle majeur dans tous ces croisements et apparemment exclusif pour les croisements Faverolles, l'hypothèse d'une action pléiotropique de ces allèles s'appuie sur la concordance des résultats obtenus sur plusieurs populations d'origines différentes, et sur le maintien d'une génération sur l'autre des différences observées pour le poids à 8 semaines dans la population principale. D'ailleurs, dans cette population, la première génération analysée n'était pas, pour les gènes envisagés, une F₂ au sens courant du terme : une variabilité génétique pour l'extension du noir existait au départ chez la Gâtinaise, sans doute depuis de nombreuses générations.

Les résultats de même sens sur plusieurs populations et avec une assez large variabilité génétique, suggèrent, en outre, que cette différence entre les allèles e et e^+ , ou, plus généralement, entre certains gènes conditionnant la pigmentation noire, quant à leur action sur la croissance, pourrait être assez générale et indépendante du reste du génotype.

Naturellement la pléiotropie n'est pour le moment qu'une hypothèse plausible ; les données présentes ne permettent pas de chiffrer avec précision la probabilité d'un linkage persistant entre gènes " de couleur " et gènes " de croissance ".

3. — Intérêt zootechnique.

Les relations possibles entre la production des volailles et la présence de certains gènes connus de couleur du plumage ou autres, peu explorées comme il est dit plus haut, ont un intérêt qui n'est pas nié : outre qu'une différence *moyenne* de l'ordre de 40 g à 8 semaines n'est pas négligeable, il est possible, comme JAAP et GRIMES le font remarquer, que les actions combinées de plusieurs de ces gènes aient un effet plus important. Des observations ultérieures sont nécessaires pour savoir quelle est l'importance de la différence produite vers 12 semaines, c'est-à-dire approximativement l'âge de la commercialisation des poulets.

La méthode de sélection a priori la plus logique pour un caractère quantitatif comme la croissance en poids est la sélection directe sur

cette performance ; mais il est parfois intéressant de tenir compte d'un caractère d'importance mineure, plus « héritable », et fortement lié génétiquement au premier (LERNER, 1950).

Ceci peut être envisagé lors de la création de variétés nouvelles pour des objectifs économiques, ou même à l'intérieur d'une race existant déjà, blanche par exemple, où les gènes de coloration ne sont pas fixés, et s'extériorisent en croisement.

Naturellement, des résultats comme ceux qui précèdent ne sont en aucune façon contradictoires avec le fait que des races « herminées », comme la Sussex ou la New-Hampshire, ne sont pas défavorisées pour la croissance : elles doivent posséder d'autres gènes favorables à celle-ci.

Nous avons déjà mentionné le fait que les conditions d'élevage dans lesquelles nos résultats sont enregistrés n'étaient pas les meilleures possibles. En particulier, la densité en poussinière dépassait couramment l'optimum. On peut se demander si ce n'est pas d'une façon indirecte que les gènes étudiés agissent sur la croissance, en assurant une plus ou moins bonne régulation du développement dans ces conditions de milieu. Un argument dans ce sens est la variabilité phénotypique régulièrement inférieure des animaux de type « sauvage » pour le poids à 8 ou 4 semaines, fait qui se révèle significatif dans tous les croisements analysés. L'examen des distributions de fréquences montre que les animaux des deux classes (« herminée » ou « sauvage ») atteignent sensiblement les mêmes performances maxima, mais que la distribution des seconds est constamment moins étalée vers les poids inférieurs. C'est cette différence qui se répercute à la fois sur les moyennes et sur les variances. A noter qu'on pourrait difficilement attribuer ceci à une mortalité différentielle frappant électivement les animaux à plumage « sauvage » les moins vigoureux ; la mortalité embryonnaire et de la naissance à 8 semaines n'excédait pas un taux normal, et ne différait pas sensiblement, au moins, entre *duvets* « rayés » ou non.

LERNER (1954), tout en mettant l'accent sur l'avantage sélectif des hétérozygotes et leur meilleure capacité d'assurer l'autorégulation ou l'« homéostasie » du développement, remarque que l'hétérozygotie ne doit pas être le seul mécanisme par lequel des phénotypes « équilibrés » sont produits. Il note (p. 71) qu'« en plus des gènes de tamponnement à l'état hétérozygote, des modificateurs récessifs ou dominants de l'autorégulation peuvent exister ». Il cite en particulier (p. 99) des observations de LANDAUER, tendant à montrer que la poule de jungle est moins sujette que les races domestiques à un certain nombre d'anomalies du développement. De même, WADDINGTON (1942), cité aussi par LERNER, écrit que c'est un fait général, quoi qu'ayant relativement peu attiré l'attention, que le type sauvage d'un organisme est phénotypiquement moins variable que la majorité des races mutantes. Il est connu d'ail-

leurs (L'HERITIER, 1951) que la majorité des mutations de la *Drosophila* ont des répercussions sur la vitalité, la longévité, la fécondité, et que le type sauvage est généralement le plus vigoureux.

Il n'est donc pas indifférent de remarquer qu'ici, ce sont précisément l'allèle (ou les allèles) correspondant au type « sauvage » pour le plumage (du moins au type sauvage existant actuellement) qui assurent la croissance la plus régulière. Par ailleurs, des résultats partiels non publiés sembleraient indiquer une vitalité légèrement supérieure pour les animaux à plumage « sauvage » dans nos conditions.

Des recherches sont en cours ici sur un certain nombre d'autres gènes de coloration, quant à leurs relations possibles avec des caractères quantitatifs, et d'autres différences de variabilité semblent probables. L'existence de telles relations pose naturellement le problème de leur déterminisme physiologique, autrement dit, le problème du mode réel d'action des gènes correspondants, leur rôle dans la pigmentation pouvant n'être que la traduction immédiatement visible d'une action physiologique plus générale, hormonale par exemple. En dehors de la poule domestique, il ne manque pas d'ailleurs de cas connus de mutations affectant la couleur, et en même temps d'autres caractères. Sans entrer dans les détails, il suffit de citer la vitalité souvent réduite des albinos, la létalité liée à certaines colorations chez les rongeurs, etc. Des recherches génétiques apportant de nouveaux faits du même ordre devraient être complétées par des investigations d'ordre physiologique.

Nous remercions M. ARNOUX (Service de Biométrie, C. N. R. A., Versailles), pour diverses suggestions et remarques sur l'analyse statistique des résultats

RÉSUMÉ

Des animaux à plumage « herminé » (ou « colombien ») et « sauvage » (classés ainsi d'après l'extension du noir dans le sous-plumage et le plumage) ont été comparés pour le poids à 4 et 8 semaines, en n'incluant dans l'analyse que des familles de frères ou sœurs présentant à la fois les deux types. Les résultats indiquent une supériorité répétée et significative du type « sauvage » (de l'ordre de 40 g pour les coqs et 30 g pour les poules à 8 semaines). En outre, la variance phénotypique est constamment inférieure chez le type « sauvage », la différence avec le type « herminé » étant hautement significative.

L'examen de plusieurs populations séparées suggère une action pléiotropique des gènes en cause. Ces gènes doivent inclure la série allélique $e-e^+$, mais aussi des modificateurs.

Des recherches dans ce sens sont poursuivies, ainsi que sur d'autres gènes connus, quant à leur rapport possible avec des caractères économiques.

SUMMARY

« Columbian » type and « wild » type chicks (as classified by the extension of black in the under-color and the plumage) were compared for 4 and 8 week weight. In the analysis were only included full-sib families having both types of plumage. The results point out repeated and significant differences in favour of the « wild » type. (40 grams for cockerels and 30 grams for pullets at 8 weeks.) On the other hand, the phenotypic variance was repeatedly and highly significantly less for the « wild-type » animals.

The study of several populations of different origins suggests a pleiotropic action of the corresponding genes, which must include the $e - e^+$ allelic series.

Research on that point is in progress. Other known genes are also being investigated from the viewpoint of their possible relation with economic traits.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERNIER (P. S.), COONEY (W. T.). — Black down color and riboflavin deficiency in embryos of the domestic fowl. X^e Congrès Mondial d'Aviculture, Section A, 66-71, 1954.
- BOYER (J.-P.). — Communications personnelles, non publiées.
- BOYER (J.-P.). — Étude génétique du plumage du la Marans Coucou argentée. *Ann. Zoot.*, 93-102, 1955.
- BRILES (W. E.). — The association of cellular antigens with body weights in New Hampshire chicks. *Poul. Sci.*, **35**, 1134, 1956.
- COCHEZ (L. P.). — Un facteur d'infertilité, équilibré par la sélection chez la Wyandotte blanche, 9^e Congrès Mondial d'Aviculture, Paris, 1, 81-88, 1951.
- COCK (A. G.). — Segregation of hypostatic colour genes within inbred lines of chicken. *Poul. Sci.*, **35**, 3, 504-515, 1956.
- GLAZENER (E. W.), JULI (M. A.). — Rate of feathering and 10 week body weight observations in strains differing in shank length. *Poul. Sci.*, **25**, 433-439, 1946.
- GODFREY (G.-F.), FARNWORTH (G.-M. jr.). — Relation of the sex-linked rapid feathering gene to chick growth and mortality. *Poul. Sci.*, **31**, 65-68, 1952.
- HALE (R. W.). — Rapid early feathering of chickens. The research and experimental record of the ministry of Agriculture, Nth Ireland, Belfast H. M. S. O., p. 38-46, 1952.
- HAYS (F. A.). — Rate of chick feathering and growing chick weight in R. I. R. 's. *Poul. Sci.*, **30**, 866-869, 1951.
- HAYS (F. A.), SPEAR (E. W.). — Relation of the sex-linked gene sl for rapid chick feathering and age at sexual maturity in R. I. R. pullets. *Poul. Sci.*, **30**, 625, 1951.
- HOWES (C. E.), HUTT (F. B.). — Genetic variation in efficiency of thiamine utilization by the domestic fowl. *Poul. Sci.*, **35**, 1223-1229, 1956.
- HURRY (H. F.), NORDSKOG (A. W.). — A genetic analysis of chick feathering and its influence on growth rate. *Poul. Sci.*, **32**, 18-25, 1953.
- HUTT (F. B.). — Genetics of the fowl. McGraw Hill Book Co N. Y. 1^{re} éd., 590 p., 1949, p. 130, 261 et 304.
- HUTT (F. B.). — Lethal action of the gene for extension of black pigment in the fowl. *Genetics*, **36**, 3, 213-234, 1951.

- JAAP (R. G.), GRIMES (J. F.). — Growth rate and plumage color in chickens. *Poul. Sci.*, **35**, 1264-1269, 1956.
- JEROME (F. N.), SLINGER (S. J.), HUNTSMAN (C. M.), PEPPER (W. F.). — The relationship between dominant white and growth of chicks. *Poul. Sci.*, **35**, 488-489, 1956.
- KIMBALL (E.). — Genetics of primary plumage patterns in the fowl. *Genetics*, **37**, 594, 1952*b*.
- KIMBALL (E.). — Wild type plumage pattern in the fowl. *J. Hered.*, **43**, 129-132, 1952*a*.
- KIMBALL (E.). — Genetic relation of extended black to wild type plumage pattern in the fowl. *Poul. Sci.*, **31**, 73-78, 1952*c*.
- KIMBALL (E.). — Genetics of secondary plumage patterns in the fowl. *Poul. Sci.*, **32**, 13-17, 1953.
- KRUEGER (W. F.), BRILES (W. E.), WOODS (J. J.). — Performance of top-cross progeny from inbred males homozygous and heterozygous for B blood group alleles. *Poul. Sci.*, **35**, 1153, 1956.
- LAMOREUX (W. F.), HUTT (F. B.). — Variation in the down color of white Leghorn chicks and their economic insignificance. *Jour. Agr. Res.*, **64**, 4, 193-205, 1942.
- LERNER (I. M.). — Population genetics and animal improvement. Cambridge Univ. Press, 342 p., 1950.
- LERNER (I. M.). — Genetic homeostasis. Oliver and Boyd, Edinburgh, 1^{re} éd., 134 p., 1954.
- L'HÉRITIER (P.). — Cours à la Faculté des Sciences, Paris, 1951 (non publié).
- MÉRAT (Ph.). — La race gâtinaise : Étude de sa variabilité génétique en vue d'obtenir des croisements homogènes. *Ann. Zoot.*, **4**, 259-283, 1955.
- PERO (R.). — Communications personnelles (non publiées).
- PLUMART (P. E.), MUELLER (C. D.). — Effect of sex-linked early feathering on plumage from 6 to 12 weeks of age. *Poul. Sci.*, **33**, 715-721, 1954.
- RAM (T.), HUTT (F. B.). — The specificity of action of the K-k alleles affecting feathering in the fowl. *Poul. Sci.*, **35**, 3, 614-616, 1956.
- SCHULTZ (F. T.), BRILES (W. E.). — The adaptive value of blood group genes in chickens. *Genetics*, **38**, 34-50, 1953.
- VESSEREAU (A.). — Méthodes statistiques en biologie et en agronomie. J.-B. Baillière et Fils, 381 p., 1948.
- WARREN (D. C.), PAYNE (L. F.). — Influence of the early feathering gene upon a chick's growth rate. *Poul. Sci.*, **24**, 191-192, 1945.
-