

ÉTUDE DES MESURES DE CONFORMATION DU POULET

II. — RECHERCHE DES COMPOSANTES DE LA VARIABILITÉ MORPHOLOGIQUE DU POULET VIVANT

R. ROUVIER et F. H. RICARD

avec l'aide du personnel de l'Atelier de Calcul de la Station centrale de Génétique animale

*Station centrale de Génétique animale,
Centre national de Recherches zootechniques, Jouy-en-Josas (Seine-et-Oise),
Station expérimentale d'Aviculture du Magneraud,
Saint-Pierre-d'Amilly, (Charente-Maritime)*

SOMMAIRE

Nous avons étudié la variabilité morphologique, exprimée par les variations et covariations de 13 mensurations corporelles, chez des poulets de deux souches et des deux sexes âgés de 8 semaines. Nous avons utilisé la méthode d'analyse en composantes principales appliquée à la matrice des coefficients de corrélation entre les 13 mensurations prises deux à deux, cette matrice comprenant dans la diagonale les communautés des variables standardisées. Les quatre groupes d'animaux ont été traités séparément.

La somme des communautés (variance due aux 13 composantes calculées ou variance commune) des 13 variables représente 71 à 72 p. 100 de la variance totale, les variances dues aux spécificités de chaque caractère en représentent 16 à 17 p. 100, le complément à 100 p. 100 correspondant à la variance des erreurs de mesure.

La variabilité liée à la taille générale (première composante) affecte les 13 mensurations de façon comparable dans les quatre cas. La variance de la taille définie par la première composante représente 73-77 p. 100 de la variance commune et 52-55 p. 100 de la variance totale. Pour un groupe d'animaux homogène et parmi les 13 mensurations étudiées, la longueur du tronc semble être la meilleure mesure individuelle de la taille.

La deuxième composante indique une variation de forme notable, expliquant de 6 à 9 p. 100 de la variance totale. Elle serait l'équivalent chez le poulet du facteur de linéarité du corps et des membres déjà décrit chez les Mammifères. Cette composante semble s'exprimer de façon différente en fonction des mesures chez les deux souches *B* et *S*, et chez les deux sexes de la souche *S*, sans qu'un test précis de comparaison ait pu être fait.

L'interprétation simultanée des troisième et quatrième composantes indique la présence, suivant les cas, de trois à quatre groupes de mesures : angle de poitrine et largeur de la cage thoracique, hauteur de la poitrine et tour de poitrine, tour du pilon et diamètre de la patte, longueurs des segments des membres. Les relations entre ces groupes sont discutées. Leur existence devrait permettre une réduction du nombre de mesures prises en vue de décrire la variabilité morphologique.

Lorsqu'on exprime le poids vif en fonction des composantes on trouve que celui-ci dépend principalement de la taille ($r^2 = 0,84$ à $0,92$) et très peu de la forme.

INTRODUCTION

L'étude de la variabilité morphologique présente, en plus de ses applications pratiques, un intérêt en elle-même pour le généticien ou le zootechnicien. CASTLE (1941) admet l'existence de gènes contrôlant la taille et la forme corporelle. WRIGHT (1918, 1932), à partir d'une analyse des mensurations d'os de lapins et de poules, met en évidence l'existence de facteurs de taille, agissant sur l'ensemble des caractères mesurés, de facteurs de forme, agissant sur certaines régions du corps, et de facteurs spécifiques propres à chaque caractère. L'étude de la F_1 et de la F_2 de croisements entre lapins de tailles très différentes lui permet d'attribuer une partie de la variabilité observée à la ségrégation génétique.

Les mensurations corporelles d'un animal ont été très souvent utilisées pour exprimer sa conformation. TOUCHBERRY (1951), BLACMORE et al. (1958), à partir de 6 mensurations prises sur des bovins laitiers et de leurs corrélations génétiques, mettent en évidence l'existence d'un facteur général de taille, et de deux facteurs de groupe. Certains chercheurs ont utilisé des méthodes d'analyse à plusieurs variables, de façon à dissocier les facteurs de variation dus à la taille et à la forme. Chez les invertébrés, TEISSIER (1955) étudie de cette manière la morphologie du crustacé *Maia squinado*, BLACKITH (1960) et COUSIN (1961) celle des insectes. Chez les vertébrés, citons les travaux de JOLICŒUR et MOSIMAN (1960) sur la tortue, de JOLICŒUR (1963) sur la martre américaine et de BAILEY (1956) sur la souris. Chez l'espèce humaine, KRAUS et CHOI (1958) ont étudié, à l'aide d'une analyse en composantes principales, la croissance prénatale des os longs du squelette. Chez les espèces domestiques, des méthodes analogues ont été utilisées par WRIGHT (1954) sur des mensurations d'os de lapins et de poules, par SMITH et al. (1962) pour des mensurations du porc, par TANNER et BURT (1954) par RASCH (1962), par TAYLOR et ROLLINS (1963) et par ROUVIER et VISSAC (1963) pour des mensurations sur bovins.

Il nous a semblé intéressant de préciser quantitativement l'importance des variations de taille et de forme chez le poulet, variations que l'on observe couramment mais de façon empirique. Pour ce faire, nous avons appliqué la méthode d'analyse en composantes principales à un ensemble de 13 mesures de conformation prises sur le poulet vivant âgé de 8 semaines. Une étude statistique préliminaire a été faite par ailleurs (RICARD et ROUVIER, 1965).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a porté sur 823 poulets obtenus en 4 lots d'éclosion et élevés de façon identique. Ils appartenaient aux 2 sexes d'une souche *B*, de type *Bresse pile*, et d'une souche *S* de type *Sussex*. Les 13 mensurations prises en plus du poids vif, à l'âge de 8 semaines, étaient les suivantes : angle de poitrine, tour de poitrine, tour du pilon, longueur du tronc, largeur de la cage thoracique, hauteur de poitrine, longueur du bréchet, longueur des blancs, longueur du pilon, longueur de la patte, diamètre de la patte, longueur de l'avant-bras et longueur de la crête. Les animaux et les mesures ont été décrits en détail précédemment (RICARD et ROUVIER, 1965).

Les corrélations phénotypiques intra-lots ont été calculées entre les 13 mensurations prises

TABLEAU I
Corrélations phénotypiques intra-lots

A gauche de la diagonale se trouvent les valeurs obtenues pour la souche S, à droite celles pour la souche B.
Sur la première ligne de chaque case, valeur obtenue pour les coquelets, sur la 2^e ligne valeurs pour les poulettes.

Souche B	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13
Souche S													
Poids													
Poids vif 8 semaines	.330 .349	.820 .850	.871 .896	.836 .775	.611 .486	.631 .717	.715 .661	.802 .808	.777 .784	.824 .826	.612 .681	.624 .679	.377 .449
M1 --- Angle poitrine	.251 .194	.087 NS .269	.344 .389	.422 NS .127	.472 .507	-.158 -.013 NS	.033 NS -.013 NS	.193 .241	.038 NS .024 NS	.088 NS .124	.191 .153	-.063 NS .021 NS	.230 .185
M2 --- Tour de poitrine	.749 .750	.204 .226	.735 .745	.739 .649	.518 .478	.766 .775	.697 .646	.742 .719	.773 .749	.765 .745	.489 .583	.649 .650	.213 .418
M3 --- Tour du pilon	.886 .848	.217 .479	.670 .668	.738 .678	.498 .449	.549 .600	.650 .580	.677 .710	.676 .692	.694 .714	.610 .667	.534 .588	.386 .445
M4 --- Longueur du tronc	.803 .827	.023 NS .123 NS	.638 .647	.723 .688	.429 .300	.620 .612	.714 .644	.756 .704	.807 .718	.845 .776	.467 .530	.661 .668	.307 .253
M5 --- Largeur du thorax	.461 .416	.251 .371	.414 .399	.400 .362		.274 .210	.367 .227	.522 .428	.405 .293	.448 .336	.367 .282	.328 .258	.222 .232
M6 --- Hauteur de poitrine	.642 .715	.048 NS .118 NS	.723 .751	.621 .659	.168 .214		.583 .610	.593 .629	.688 .698	.662 .713	.383 .531	.605 .640	.155 .327
M7 --- Longueur du bréchet	.726 .663	-.011 NS .457	.661 .545	.680 .692	.445 .181	.415 .417		.751 .651	.684 .636	.677 .602	.451 .493	.556 .515	.269 .247
M8 --- Longueur des blancs	.805 .801	.095 NS .171	.704 .677	.811 .770	.512 .440	.533 .585	.744 .630		.764 .742	.796 .786	.475 .525	.654 .649	.248 .325
M9 --- Longueur du pilon	.786 .751	.073 NS .018 NS	.628 .637	.772 .716	.449 .320	.555 .497	.651 .589	.795 .655		.890 .864	.459 .582	.751 .746	.167 .325
M10 --- Longueur de la patte	.788 .815	.411 NS .401 NS	.640 .631	.756 .771	.473 .364	.569 .571	.664 .565	.795 .702	.926 .860		.456 .603	.704 .765	.234 .382
M11 --- Diamètre de la patte	.714 .698	.440 NS .294	.489 .509	.564 .620	.239 .282	.503 .521	.521 .500	.474 .557	.407 .483	.449 .549		.372 .531	.233 .379
M12 --- Longueur avant-bras	.659 .743	.071 NS .041 NS	.626 .630	.720 .738	.353 .349	.564 .598	.547 .500	.638 .672	.732 .707	.746 .727	.389 .492		.420 NS .251
M13 --- Longueur de la crête	.477 .370	.152 NS .072 NS	.370 .357	.340 .281	.127 NS .452 NS	.330 .381	.192 .304	.270 .295	.300 .303	.267 .300	.388 .401	.290 .269	

NS = Corrélation non significativement différente de zéro, au seuil 5 p. 100.

2 à 2, séparément pour chacun des groupes souche-sexe. Nous avons ensuite recherché les composantes principales (HOTTELLING, 1933) de chacune des quatre matrices de coefficients de corrélation. Ces matrices comprenaient dans leur diagonale des estimations des « communautés » des variables. La première approximation de la communauté de chaque variable a été prise égale au carré du coefficient de corrélation multiple entre cette variable et les 12 autres, selon la méthode préconisée par HARMAN (1960). La première analyse en composantes des matrices nous a donné un certain nombre de valeurs propres négatives. A partir du premier résultat et compte tenu des composantes dont les valeurs propres associées étaient positives, une nouvelle estimation des communautés a été faite. Elles ont été prises égales à la somme des carrés des coefficients de corrélation entre la variable considérée et les composantes à valeur propre associée positive. Ces nouvelles valeurs étant mises dans la diagonale nous avons effectué un nouveau calcul sur les matrices des coefficients de corrélation. On a procédé de la même façon pour 2 calculs supplémentaires. Le résultat du quatrième calcul a été étudié.

Pour chaque groupe homogène souche-sexe, seules les quatre composantes de plus grande variance ont été considérées. Les valeurs des corrélations partielles entre les variables, les quatre composantes étant maintenues constantes, indiquent dans quelle mesure celles-ci rendent compte des corrélations observées. Nous avons calculé ces corrélations partielles suivant la méthode de BURT (1952).

Nous avons recherché les corrélations entre le poids vif, considéré comme un critère de qualité du poulet à 8 semaines, et chacune des quatre premières composantes. On a, dans ce but, calculé les équations de régression multiple du poids vif en fonction des 13 caractères, les variables étant sous forme centrée réduite, et nous avons opéré ensuite suivant la méthode décrite par ROUVIER et VISSAC (1963).

Les calculs ont été réalisés en majorité sur l'ordinateur I.B.M. 1620 de la Station centrale de Génétique animale. Nous avons utilisé les programmes 62 021 (VISSAC et al., 1962), 62 023 et 63 027 (ROUVIER et al., 1962).

RÉSULTATS

Les coefficients de corrélation entre les 14 caractères (mensurations corporelles et poids vif) pour la souche *B* et la souche *S* (mâles et femelles dans chaque cas) sont donnés dans le tableau 1.

Le tableau 2 donne les carrés des coefficients de corrélation multiple entre chaque

TABLEAU 2

Carrés des coefficients de corrélation multiple entre une variable et les 12 autres

Caractères	Catégories d'animaux			
	Souche <i>B</i> mâles	Souche <i>B</i> femelles	Souche <i>S</i> mâles	Souche <i>S</i> femelles
Angle de poitrine	0,467	0,482	0,210	0,255
Tour de poitrine.....	0,797	0,802	0,693	0,695
Tour du pilon.....	0,749	0,747	0,734	0,661
Longueur du tronc.....	0,784	0,682	0,785	0,792
Largeur de la cage thoracique....	0,480	0,412	0,388	0,353
Hauteur de poitrine	0,664	0,700	0,630	0,668
Longueur du bréchet	0,660	0,590	0,653	0,560
Longueur des blancs	0,761	0,721	0,791	0,695
Longueur du pilon	0,843	0,808	0,879	0,778
Longueur de la patte.....	0,853	0,843	0,884	0,805
Diamètre de la patte	0,387	0,503	0,516	0,565
Longueur de l'avant-bras	0,607	0,644	0,644	0,665
Longueur de la crête	0,204	0,260	0,289	0,256

mensuration corporelle et les 12 autres. Ces valeurs ont servi comme première approximation des communautés.

Dans le tableau 3 nous indiquons, pour chaque groupe d'animaux, les valeurs propres associées à chacune des 13 composantes, la variance commune de l'ensemble des 13 caractères (variance due aux 13 composantes), le pourcentage de la variance totale (ici égale à 13) représenté par cette variance commune.

TABLEAU 3

Valeurs propres associées des composantes principales

N° d'ordre de la composante	Groupes d'animaux			
	Mâles <i>B</i>	Femelles <i>B</i>	Mâles <i>S</i>	Femelles <i>S</i>
1	7,127	7,143	6,975	6,786
2	1,218	1,168	0,794	0,881
3	0,366	0,353	0,587	0,686
4	0,300	0,283	0,458	0,453
5	0,207	0,246	0,295	0,305
6	0,122	0,104	0,137	0,243
7	0,049	0,076	0,082	0,127
8	0,030	0,039	0,077	0,081
9	0,019	0,031	0,040	0,017
10	0,005	— 0,011	— 0,009	— 0,012
11	— 0,019	— 0,029	— 0,026	— 0,034
12	— 0,042	— 0,043	— 0,055	— 0,048
13	— 0,068	— 0,061	— 0,079	— 0,130
Variance commune = somme pour les 13 composantes	9,314	9,299	9,276	9,355
Variance commune en p. 100 de la variance totale	71,65	71,53	71,35	71,96

Dans les tableaux 4 et 5 figurent les coefficients de corrélation entre les variables et les quatre composantes (numéros 1 à 4) de variances les plus élevées, dans l'ordre décroissant d'importance. On a indiqué également des valeurs des communautés qui sont la somme des carrés des coefficients de corrélation de la variable avec ces quatre composantes, et les variances des composantes en p. 100 de la variance commune et de la variance totale.

Les moyennes et écarts-types des corrélations partielles, les 4 composantes de plus grande variance étant maintenues constantes, sont indiqués dans le tableau 6. L'explication des 78 corrélations observées par les 4 composantes semble satisfaisante dans le cas de la souche *B* (mâles et femelles) et dans celui des mâles de la souche *S* : peu de corrélations partielles sont supérieures en valeur absolue à leur moyenne augmentée de 1,96 fois l'écart-type. En ce qui concerne les femelles de la souche *S*, il apparaît un certain nombre de corrélations partielles anormalement élevées (supérieures à 0,4 en valeur absolue) concernant la longueur de la patte. Cela semble dû à une surestimation de la communauté de la longueur de la patte.

TABLEAU 4 (1)

Coefficients de corrélation entre les variables et les 4 composantes de plus grandes variances
(Souche B, mâles)

Caractères	Composantes				Communautés
	1	2	3	4	
Angle de poitrine.....	0,162	0,763	0,133	0,001	0,626
Tour de poitrine.....	0,889	— 0,067	— 0,042	— 0,306	0,890
Tour de pilon.....	0,838	0,290	— 0,268	0,024	0,859
Longueur du tronc.....	0,883	— 0,028	— 0,009	0,205	0,823
Largeur de la cage thoracique.....	0,546	0,457	0,215	— 0,210	0,597
Hauteur de poitrine.....	0,740	— 0,337	— 0,132	— 0,240	0,736
Longueur du bréchet.....	0,793	— 0,070	— 0,147	0,100	0,665
Longueur des blancs.....	0,872	0,047	0,132	0,061	0,784
Longueur du pilon.....	0,898	— 0,193	0,176	0,083	0,882
Longueur de la patte.....	0,906	— 0,108	0,168	0,145	0,882
Diamètre de la patte.....	0,571	0,180	— 0,193	— 0,041	0,397
Longueur de l'avant-bras.....	0,741	— 0,247	0,138	0,009	0,629
Longueur de la crête.....	0,302	0,274	— 0,237	0,137	0,241
Variances des composantes.....	7,127	1,218	0,366	0,300	
Variances en p. 100 de la variance commune	76,52	13,08	3,93	3,22	
Variances en p. 100 de la variance totale....	54,82	9,37	2,82	2,31	

TABLEAU 4. (2)

Coefficients de corrélation entre les variables et les 4 composantes de plus grandes variances
(Souche B, femelles)

Caractères	composantes				Communautés
	1	2	3	4	
Angle de poitrine.....	0,217	0,757	— 0,086	0,005	0,628
Tour de poitrine.....	0,889	0,111	0,180	— 0,223	0,885
Tour de pilon.....	0,852	0,259	0,112	0,131	0,823
Longueur du tronc.....	0,812	— 0,104	— 0,206	— 0,002	0,713
Largeur de la cage thoracique.....	0,439	0,532	— 0,112	— 0,116	0,502
Hauteur de poitrine.....	0,788	— 0,232	0,205	— 0,137	0,736
Longueur du bréchet.....	0,724	— 0,192	0,040	— 0,257	0,629
Longueur des blancs.....	0,849	0,053	— 0,179	— 0,093	0,764
Longueur du pilon.....	0,878	— 0,208	— 0,088	0,077	0,828
Longueur de la patte.....	0,911	— 0,121	— 0,149	0,172	0,896
Diamètre de la patte.....	0,690	0,034	0,203	0,194	0,556
Longueur de l'avant-bras.....	0,777	— 0,203	— 0,138	0,113	0,677
Longueur de la crête.....	0,426	0,168	0,283	0,153	0,313
Variances des composantes.....	7,143	1,168	0,353	0,283	
Variances en p. 100 de la variance commune	76,81	12,56	3,80	3,04	
Variances en p. 100 de la variance totale....	54,95	8,98	2,72	2,18	

TABLEAU 5 (I)

Coefficients de corrélation entre les variables et les 4 composantes de plus grandes variances
(Souche S, mâles)

Caractères	Composante				Communités
	1	2	3	4	
Angle de poitrine.....	0,145	0,191	0,490	0,190	0,334
Tour de poitrine.....	0,799	0,238	0,040	0,225	0,747
Tour de pilon.....	0,845	0,231	0,116	— 0,162	0,807
Longueur du tronc.....	0,883	— 0,045	— 0,152	— 0,114	0,818
Largeur de la cage thoracique.....	0,497	— 0,231	0,431	0,050	0,489
Hauteur de poitrine.....	0,700	0,330	— 0,299	0,189	0,724
Longueur du bréchet.....	0,767	— 0,191	0,024	— 0,354	0,751
Longueur des blancs.....	0,874	— 0,209	0,052	— 0,098	0,820
Longueur du pilon.....	0,885	— 0,267	— 0,071	0,151	0,882
Longueur de la patte.....	0,897	— 0,235	— 0,026	0,154	0,894
Diamètre de la patte.....	0,621	0,353	0,045	— 0,285	0,594
Longueur de l'avant-bras.....	0,773	— 0,083	— 0,135	0,177	0,654
Longueur de la crête.....	0,402	0,369	0,067	— 0,004	0,302
Variances des composantes.....	6,975	0,794	0,587	0,458	
Variances en p. 100 de la variance commune	75,19	8,56	6,33	4,94	
Variances en p. 100 de la variance totale..	53,65	6,11	4,52	3,52	

TABLEAU 5 (2)

Coefficients de corrélation entre les variables et les 4 composantes de plus grandes variances
(Souche S, femelles)

Caractères	Composantes				Communités
	1	2	3	4	
Angle de poitrine.....	0,195	0,445	0,402	— 0,074	0,403
Tour de poitrine.....	0,802	0,196	— 0,011	0,321	0,785
Tour de pilon.....	0,819	0,093	— 0,024	— 0,024	0,681
Longueur du tronc.....	0,892	— 0,097	— 0,041	— 0,089	0,815
Largeur de la cage thoracique.....	0,442	0,248	0,459	— 0,017	0,468
Hauteur de poitrine.....	0,746	0,164	— 0,240	0,372	0,779
Longueur du bréchet.....	0,685	— 0,097	— 0,176	— 0,318	0,611
Longueur des blancs.....	0,841	0,010	0,059	— 0,072	0,716
Longueur du pilon.....	0,826	— 0,312	— 0,019	— 0,091	0,788
Longueur de la patte.....	0,865	— 0,409	0,258	0,056	0,985
Diamètre de la patte.....	0,708	0,272	— 0,052	— 0,227	0,629
Longueur de l'avant-bras.....	0,801	— 0,173	0,008	0,119	0,685
Longueur de la crête.....	0,369	0,400	— 0,387	— 0,117	0,460
Variances des composantes.....	6,786	0,881	0,686	0,453	
Variances en p. 100 de la variance commune	72,54	9,42	7,33	4,84	
Variances en p. 100 de la variance totale....	52,20	6,78	5,28	3,48	

L'interprétation d'un grand nombre de composantes est délicat. Dans le cas présent il semble satisfaisant d'interpréter les résultats des quatre composantes de plus grandes variances et de négliger les autres, d'autant plus que les variances de ces dernières sont relativement faibles par rapport à la variance totale.

Dans le tableau 7 nous indiquons les corrélations entre le poids vif et les quatre composantes étudiées, pour chaque groupe d'animaux.

TABLEAU 6

Moyennes et écarts-types des corrélations partielles, les 4 composantes de plus grandes variances étant maintenues constantes.

	Souches B, mâles	Souches B, femelles	Souche S, mâles	Souche S, femelles
Moyennes	0,001	0,001	0,004	— 0,009
Écarts-types	0,082	0,093	0,119	0,223

TABLEAU 7

Coefficients de corrélation entre le poids vif et les 4 composantes de plus grandes variances

Composantes numéros	Poids vif	Souches B, mâles	Souche B, femelles	Souche S, mâles	Souche S, femelles
1		0,962	0,944	0,916	0,922
2		0,179	0,145	0,120	— 0,008
3		— 0,038	0,031	0,088	0,019
4		0,007	0,016	— 0,084	0,003

DISCUSSION

La discussion sur les coefficients de corrélation ayant déjà été faite (RICARD et ROUVIER, 1965), nous ne discuterons que les résultats de l'analyse en composantes principales.

I. *Considérations sur la méthode*

La méthode utilisée pour analyser la variabilité morphologique présente l'intérêt de considérer simultanément les variations et covariations de tous les caractères étudiés. L'utilisation des coefficients de corrélation supprime l'effet des échelles de mesure différentes pour les diverses variables (TEISSIER, 1955). Cela revient en effet à considérer ces variables sous forme centrée réduite. JOLICŒUR (1963) estime pré-

férable d'utiliser les variances et covariances des valeurs logarithmiques, qui sont également indépendantes de l'échelle de mesure. La transformation logarithmique a été justifiée, sur le plan biologique, dans le cas d'étude de la croissance relative par TEISSIER (1948) et par JOLICŒUR (1963). Dans notre cas où les mesures ont été prises à un âge donné, l'étude statistique de la forme des distributions que nous avons faite (RICARD et ROUVIER, 1965), nous a conduit à conserver les nombres arithmétiques. De plus, l'obtention de valeurs très voisines pour les corrélations logarithmiques et arithmétiques permet de considérer que les résultats numériques de l'analyse en composantes auraient été très comparables dans les deux cas.

L'interprétation biologique des composantes dans le cas de mensurations corporelles externes a été donnée en particulier par TEISSIER (1955) et par JOLICŒUR (1960, 1963).

Selon ce dernier auteur la première composante, qui rend compte du maximum de la variance totale analysée et qui s'exprime comme une fonction linéaire à coefficients tous positifs des variables étudiées, traduit une augmentation ou une diminution simultanée de toutes ces variables. De ce fait on peut faire correspondre une variation de taille à la variation de la première composante. La deuxième composante, indépendante de la première, rend compte du maximum de la variation résiduelle, et s'exprime comme une fonction linéaire des variables à coefficients positifs et négatifs. La variation de la deuxième composante peut être définie comme une variation de forme des animaux de même taille. Il en est de même des composantes suivantes. L'interprétation des composantes peut être différente suivant la nature des variables étudiées, comme ce fut le cas dans un travail de SMITH *et al.* (1962) sur les qualités d'engraissement et de carcasse de porcs. La méthode que nous avons utilisée, appelée analyse en facteurs principaux par RAO (1955) et HARMAN (1960), est légèrement différente de celle employée dans les articles précédemment cités (TEISSIER, JOLICŒUR) en ce sens que la variance analysée n'est pas la variance totale mais la variance commune ou due aux facteurs communs. La méthode se rapproche donc de celle de l'analyse factorielle, comme l'a souligné RAO (1955). Cependant le procédé de calcul correspondant à celui des composantes, c'est ce terme que nous utiliserons dans la suite du travail, de préférence à celui de facteur.

WRIGHT (1954) a donné un exemple d'une analyse en composantes des coefficients de corrélation entre 6 mensurations du squelette chez la poule (longueur tête, largeur tête, longueurs de l'humérus, du cubitus, du fémur, du tibia). Une première analyse de la variance totale a été faite. Ensuite une analyse en facteurs principaux a été effectuée en considérant trois composantes et six facteurs propres à chaque caractère. Cet auteur fait ainsi apparaître l'existence de 3 groupes de caractères qui correspondent aux mensurations de la tête, du membre antérieur et du membre postérieur.

Nos données ne permettent pas de retrouver les résultats de WRIGHT, car parmi les mesures prises ne figurent pas toutes celles étudiées par cet auteur. De plus le nombre de caractères était limité.

Dans notre cas, en décomposant la variance unité de chaque variable suivant le modèle utilisé en analyse factorielle en variance due aux facteurs communs (ici les 13 composantes extraites) ou communauté, en variance due à l'erreur de mesure (coefficient de fidélité) et en variance spécifique, nous trouvons que : la somme des communautés (variance commune) des 13 variables analysées pour chaque groupe

de poulets s'élève à 9,314 (souche B, mâles), 9,299 (souche B, femelles), 9,276 (souche S, mâles), 9,355 (souche S, femelles). Cela représente, respectivement, 71,65 p. 100, 71,53 p. 100, 71,35 p. 100, 71,96 p. 100 de la variance totale (égale à 13) des variables. La variance des erreurs de mesure représente en moyenne 12 p. 100 de la variance totale : ce nombre est calculé d'après les résultats de RICARD et ROUVIER (1965) comme étant égal à 1 diminué de la moyenne des coefficients de fidélité des 13 caractères. Les variances spécifiques de chaque caractère représentent en moyenne 16 à 17 p. 100 de la variance totale.

2. *Interprétation des résultats dans le cas de la souche B*

L'examen du tableau 4 donnant les corrélations entre chacune des 13 variables et les composantes montre que les résultats sont très voisins pour les deux sexes. Cela indique une similitude de la variabilité intra-sexe.

Cas des mâles.

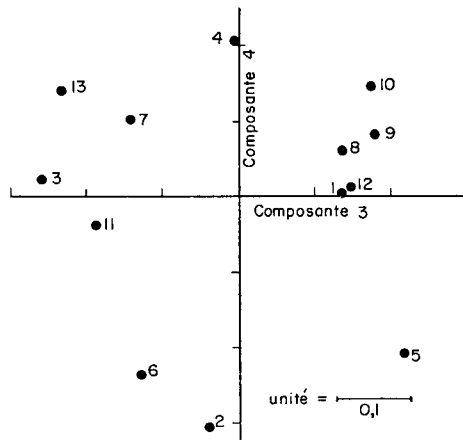
La première composante traduit la variation commune des mesures due à la taille générale et représente 76,5 p. 100 de la variance commune, 54,8 p. 100 de la variance totale. La variable présentant la plus forte corrélation avec cette composante est la longueur de la patte ($r = + 0,906$). Cependant ce caractère ne mesure pas uniquement la taille, du fait de sa corrélation avec les autres composantes. Par contre la longueur du tronc qui présente une corrélation élevée avec la première composante ($r = + 0,883$), semble être une bonne mesure de la taille, ses corrélations avec les autres composantes étant pratiquement nulles (sauf avec la 4^e composante qui explique une fraction très faible de la variance). L'angle de poitrine présente une corrélation faible avec la 1^{re} composante ($r = + 0,162$), sa variation est donc relativement indépendante de celle de la taille. Il en est de même pour la largeur de la cage thoracique.

La deuxième composante peut être interprétée comme traduisant une variation de la forme du corps dans son ensemble indépendamment de la taille. Elle explique 13,1 p. 100 de la variance commune et 9,4 p. 100 de la variance totale. La nature biologique qu'il est possible d'attribuer à cette composante découle de l'examen des signes et de la grandeur des coefficients de corrélation : au niveau de la poitrine, l'angle de poitrine ($r = + 0,763$) et la largeur du thorax ($r = + 0,457$) présentent des corrélations positives élevées avec cette composante, la hauteur de poitrine présentant une corrélation négative ($r = - 0,337$). Le tour de poitrine, la longueur du bréchet, la longueur des blancs, présentent des corrélations pratiquement nulles avec cette composante ; au niveau des membres, le tour du pilon ($r = + 0,290$) et le diamètre de la patte ($r = + 0,180$) présentent des corrélations positives avec cette composante, les longueurs du pilon ($r = - 0,193$), de la patte ($r = - 0,108$), de l'avant-bras ($r = - 0,247$) présentent des corrélations négatives.

Cette composante traduit, à taille constante, une opposition dans les croissances en largeur de l'animal et en longueur des segments des membres. Elle indique de plus une opposition dans les variations en largeur et hauteur de la poitrine. Cette composante semble s'apparenter au facteur de « linéarité » déjà décrit chez d'autres espèces : par TANNER et BURT (1954) à partir de mensurations corporelles de bovins, par TAN-

NER et SAWIN (1953) d'après une étude du squelette de la colonne vertébrale du lapin.

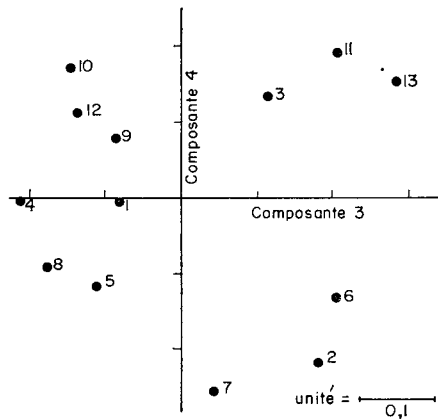
Il est intéressant de noter que la longueur de la crête, indice de développement des caractères sexuels secondaires, varie en opposition avec les mesures de longueur



GRAPHIQUE 1 — Variabilité morphologique du poulet vivant

(Cas des mâles de la souche B)

(Points extrémités des vecteurs représentant les variables dans le plan des composantes 3 et 4 ramenées à une longueur unité. Les variables sont numérotées : angle de poitrine (1), tour de poitrine (2), tour du pilon (3), longueur du tronc (4), largeur de la cage thoracique (5), hauteur de poitrine (6), longueur du bréchet (7), longueur des blancs (8), longueur du pilon (9), longueur de la patte (10), diamètre de la patte (11), longueur de l'avant bras (12), longueur de la crête (13))



GRAPHIQUE 2 — Variabilité morphologique du poulet vivant

(Cas des femelles de la souche B)

(Points extrémités des vecteurs représentant les variables dans le plan des composantes 3 et 4 ramenées à une longueur unité, même numérotation des variables que dans le cas des mâles de la souche B.)

des segments osseux et donc dans le même sens que les mesures de largeur de l'animal.

Les troisième et quatrième composantes sont d'interprétation délicate si on les envisage séparément. Il semble préférable de les interpréter simultanément après

avoir tracé le graphique des points-extrémités des vecteurs représentant les variables dans le plan des composantes 3 et 4 ramenées à une longueur-unité (pour l'exposé détaillé de la méthode, voir ROUVIER et VISSAC, 1963). Cette représentation (graph. 1) indique le groupement des variables dans le plan des composantes 3 et 4. Il apparaît un groupe comprenant les longueurs du pilon, de la patte, des blancs, dont la variation est en opposition avec celles des groupes tour du pilon et diamètre de la patte d'une part, hauteur de poitrine et tour de poitrine d'autre part. Ces deux derniers groupes sont en corrélation très faible. On observe que la longueur de la crête se situe à proximité du tour du pilon et du diamètre de la patte.

Cas des femelles.

La première composante est très semblable à la première composante chez les mâles.

La deuxième composante s'interprète également de la même façon que dans le cas des mâles. Elle représente une fraction comparable de la variance totale. La longueur du bréchet présente une corrélation négative avec cette composante plus grande en valeur absolue que dans le cas des mâles. La longueur des blancs est en corrélation très faible avec cette composante, comme dans le cas des mâles.

Dans le plan des composantes 3 et 4, on observe le groupement des variables (graph. 2) : les trois groupes ci-dessus définis apparaissent de façon comparable. Comme précédemment, on observe une opposition dans les variations des longueurs de la patte et du pilon d'une part, et de la hauteur de poitrine et du tour de poitrine d'autre part.

3. *Interprétation des résultats dans le cas de la souche S*

Il apparaît une certaine différence entre les souches *B* et *S* dans la description de la variation morphologique, de même entre les deux sexes de la souche *S*. La première composante, de même interprétation que précédemment, représente une fraction légèrement plus faible de la variance totale.

Cas des femelles.

La deuxième composante représente 6,8 p. 100 de la variance totale et elle est très comparable à la 2^e composante de la souche *B*. Cependant la hauteur de poitrine semble se comporter de façon différente, étant associée positivement ($r = + 0,164$) à cette deuxième composante.

Les troisième et quatrième composantes décrivent les variations de la forme de la poitrine : l'angle de poitrine et la largeur de la cage thoracique sont en corrélations négatives avec la hauteur de poitrine et nulle avec le tour de poitrine. La longueur du bréchet est en corrélation négative avec chacune des mesures précédentes. Il apparaît de plus une opposition dans les variations de la longueur de la patte et de la longueur de la crête.

Cas des mâles.

La deuxième composante peut toujours être considérée comme correspondant à un facteur de linéarité, principalement au niveau des membres. Les variations au niveau de la poitrine décrites par cette deuxième composante ne sont pas nettes :

il apparaît une opposition très faible entre l'angle de poitrine et la largeur du thorax, contrairement aux trois autres cas précédemment analysés.

Les composantes 3 et 4 traduisent des relations entre l'angle de poitrine et la largeur du thorax d'une part, les hauteur et tour de poitrine d'autre part, semblables à ce qu'elles étaient dans le cas des femelles de la même souche. Elles font apparaître de plus une opposition dans les variations des longueurs des segments de membres (longueur avant-bras, longueur pilon, longueur de la patte) et le diamètre de la patte et le tour du pilon.

4. Relations entre le poids et les composantes

Les corrélations entre le poids et la première composante sont dans tous les cas très élevées, variant de 0,916 à 0,962. Ceci indique qu'une partie très importante de la variance du poids est déterminée par la taille définie à partir des mensurations.

A l'âge considéré, le poids dépend très peu de la forme (tabl. 7). Si on assimile la deuxième composante au facteur de linéarité, on note une légère tendance pour les poulets plus compacts à être aussi plus lourds. Les corrélations entre le poids et les autres composantes sont pratiquement nulles.

Ces résultats expliquent l'importance particulière du poids vif dans la sélection des souches chair. La valeur de la composante linéarité apporte cependant une qualité supplémentaire, la bonne conformation chair semblant bien correspondre à des poulets « compacts ».

CONCLUSIONS

Nous avons indiqué, pour chacun des quatre groupes d'animaux, les parts des variations communes et spécifiques des 13 mensurations corporelles étudiées. L'analyse de la variation commune nous a permis d'exprimer les variations de taille, qui en représentent la plus grande partie (près de 75 p. 100) et les variations de forme. La composante de forme la plus importante (composante linéarité), qui apparaît nettement dans le cas de la souche B, exprime de façon quantitative que parmi des animaux de même taille, ceux qui ont la poitrine plus large l'ont aussi plus aplatie et plus courte, ce qui s'accompagne d'un tour de pilon plus grand et de membres plus courts, le diamètre de la patte étant peu affecté. Cet ensemble de relations poitrine-membres ne s'exprime pas de la même façon, dans le cas de la souche S. Une étude sur des effectifs plus importants permettrait de préciser s'il s'agit de simples écarts d'échantillonnage ou d'une différence réelle dans la description de la variabilité morphologique des deux souches. Du fait de la présence de groupes de caractères variant dans le même sens, il serait possible, à partir de ces résultats, de rechercher l'expression de la composante linéarité en fonction d'un nombre plus réduit de caractères. Nous pensons réaliser ce travail sur des échantillons d'effectifs plus importants.

Reçu pour publication en décembre 1964.

SUMMARY

STUDY OF CONFORMATION MEASUREMENTS IN THE CHICKEN
 II. ATTEMPTS TO FIND THE COMPONENTS OF MORPHOLOGICAL VARIABILITY
 IN THE LIVE CHICKEN

We have studied the morphological variability, expressed by variations and covariations of 13 body measurements, in chickens of two strains and two sexes at the age of 8 weeks. We have used the principal components analysis method applied to the correlation matrix of the 13 measurements, this matrix having as its diagonal the common factors variances of the standardized variables. The four groups of animals were treated separately.

The sum of the communalities of the 13 variables represent 71-72 per cent of the total variance, specificities comprising 16-17 per cent and the rest of the variance being due to unreliabilities.

Table 1 represents the correlation matrix of the 13 measurements and live weight.

Table 2 indicates the squares of the multiple correlation coefficients between each variable and the 12 other ones, these values being taken as a first approximation of the communalities.

Table 3 gives the latent roots associated with each of the 13 components.

Table 4 and 5 indicate the correlation coefficients between the variables and the four components with the greatest variances, and the variance of each of these components as a percentage of the common factors variance.

Table 6 indicates the means and standard deviations of the partial correlation coefficients when the 4 components with the greatest variances are kept constant.

Table 7 gives the correlation coefficients between live weight and the 4 components with the greatest variances.

Variance correlated with general body size (first component) affects the 13 measurements in a comparable manner in all four cases. Variance of body size defined by the first component represents 73-77 per cent of the common factors variance and 52-55 per cent of the total variance. For a homogeneous group of animals and among the 13 measurements studied, trunk length seems to be the best individual measurement of general body size.

The second component indicates a notable shape variation, accounting for 6-9 per cent of the total. It would be the equivalent in fowls of the linearity factor of body and limbs already described in mammals. This component seems to be expressed differently as a function of the measurements in the two strains *B* and *S*, and in the two sexes of strain *S*, though a test of comparison has not been made.

The simultaneous interpretation of the third and fourth components (graphs 1 and 2) indicates the presence of three or four groups of measurements: breast angle and thorax width, body depth and heart girth, tibia circumference and shank width, lengths of limb segments. The relationships between these groups are discussed. Their existence might permit a reduction in the number of measurements taken in order to describe the morphological variability.

When live weight is expressed as a function of the components one finds that it depends mainly on the body size ($r^2 = 0.84$ to 0.92) and very little on shape.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAILEY D. W., 1954. A comparison of genetic and environmental principal components of morphogenesis in mice. *Growth*, **20**, 63-74.
- BLACKITH R. E., 1960. A synthesis of multivariate techniques to distinguish patterns of growth in Grasshoppers. *Biometrics*, **16**, 28-40.
- BLACKMORE D. W., MC GILLIARD L. D., LUSH J. L., 1958. Genetic relations between body measurements at three ages in *Holstein*. *J. Dairy Sci.*, **41**, 1045-1049.
- BURT C., 1952. Test of significance in factor analysis. *Brit. J. Psych. Sta. sect.*, **5**, 109-133.
- CASTLE W. E., 1941. Size inheritance. *Amer. Nat.*, **74**, 488-498.
- COUSIN G., 1961. Analyse des équilibres morphogénétiques des types structuraux spécifiques et hybrides chez quelques Gryllides. *Bull. Soc. Zool. France*, **86**, 500-521.
- HARMAN H. H., 1960. *Modern factor analysis*. 469 pp. The university of Chicago Press. Chicago.

- HOTELLING H., 1933. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *J. Educ. Psych.*, **24**, 417-441, 498-520.
- JOLICŒUR P., MOSIMAN J. E., 1960. Size and shape variation in the painted turtle. A principal component analysis. *Growth*, **24**, 339-354.
- JOLICŒUR P., 1963. The degree of generality of robustness in *Martes americana*. *Growth*, **27**, 1-27.
- KRAUS S. B., CHOI S. C., 1958. A factorial analysis of the prenatal growth of the human skeleton. *Growth*, **22**, 231-242.
- RAO C. R., 1955. Estimation and test of significance in factor analysis. *Psychometrika*, **20**, 93-111.
- RASCH D., 1962. Die faktoranalyse und ihre Anwendung in der Tierzucht. *Biomet. Z.*, **4**, 15-39.
- RICARD F. H., ROUVIER R., 1965. Étude des mesures de conformation du poulet. I. Analyse statistique préliminaire concernant le poids et 13 mensurations corporelles. *Ann. Zootech.*, **14**, 191-212.
- ROUVIER R., TASSENCOURT L., CANONGE J. C., 1962. Diagonalisation d'une matrice symétrique. Application à l'analyse factorielle. *Programmes 62023 et 63027 de la Station centrale de Génétique animale*.
- ROUVIER R., VISSAC B., 1963. Application of factor analysis methods to the study of morphological variability in carcasses of adult cattle. *Preprints 5th Intern. biometric. Conf. Cambridge, sept. 10-14. 1964* *Biometrie Praximétrie* **5**, 93-111.
- SMITH C., KING J. W. B., GILBERT R., 1962. Genetic parameters of british *Large white* bacon pigs. *Anim. Prod.*, **4**, 128-143.
- TANNER J. M., SAWIN P. B., 1953. Morphogenetic studies of the rabbit. XI Genetic differences in the growth of the vertebral column and their relations to growth and development in man. *J. Anat.*, **87**, 54-65.
- TANNER J. M., BURT A. W. A., 1954. Physique in the infra human mammalia: A factor analysis of body measurements of dairy cows. *J. Genet.*, **52**, 36-51.
- TAYLOR St. C. S., ROLLINS W. C. 1963. Body size and conformation in identical twin cattle. *Anim. Prod.*, **5**, 77-86.
- TEISSIER G., 1948. La relation d'allométrie. Sa signification statistique et biologique. *Biometrics*, **4**, 14-53.
- TEISSIER G., 1955. Allométrie de taille et variabilité chez *Maia squinado*. *Arch. Zool. exp. gén.*, **92**, 221-264.
- TOUCHBERRY R. W., 1951. Genetic correlations between five body measurements, weight, type and production in the same individual among *Holstein* cows. *J. Dairy Sci.*, **34**, 242-254.
- VISSAC B., POUTOUS M., TASSENCOURT L., 1962. Analyse et décomposition des variances et covariances dans le cas d'un schéma hiérarchique. *Programme 62021 de la Station centrale de Génétique animale*.
- WRIGHT S., 1918. On the nature of size factors. *Genetics*, **3**, 367-374.
- WRIGHT S., 1932. General, group, and special size factors. *Genetics*, **17**, 603-619.
- WRIGHT S., 1954. In KEMPTHORNE O., BANCROFT T. A., GOWEN J. W., LUSH J. L. *Statistics and mathematics in biology*, 11-33, the Iowa State college Press. Ames. Iowa.
-