

ESSAI DE SÉLECTION SUR LA FORME DE LA COURBE DE CROISSANCE CHEZ LE POULET

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET PREMIERS RÉSULTATS D'ENSEMBLE

F. H. RICARD

avec la collaboration technique de G. MARCHE, Renée BOURDIOL et Huguette POISSON

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

RÉSUMÉ

A partir d'une même population, maintenue sans sélection comme témoin, 4 souches ont été sélectionnées représentant les 4 combinaisons : poids juvénile fort ou faible, poids adulte fort ou faible. Le présent article donne les résultats observés de 1961 à 1973 : performances de la souche témoin pour le poids à 8 semaines et le poids adulte, réponses directes pour ces 2 caractères dans les souches sélectionnées, réponses corrélées pour la croissance, la mortalité et la ponte dans un lot de poules nées en 1973.

Le poids à 8 semaines et le poids adulte des animaux de la souche témoin ont diminué de façon significative au fil des générations. L'analyse des réponses directes montre que la sélection a été efficace pour les 4 souches. On peut donc modifier la forme de la courbe de croissance par des moyens génétiques et on aboutit à des souches qui ont des caractéristiques très différentes. Toutefois, la souche à poids juvénile élevé et à poids adulte faible est celle qui a répondu le plus difficilement à la sélection: Des différences significatives entre souches ont été obtenues pour la mortalité entre 0 et 12 semaines ainsi que pour les caractéristiques de ponte. La meilleure pondeuse est la souche la plus légère à 8 semaines et à l'âge adulte ; la moins bonne est la souche à poids juvénile faible et à poids adulte élevé.

INTRODUCTION

L'amélioration génétique des animaux domestiques a fait depuis longtemps l'objet de travaux fondamentaux et appliqués. Pour les animaux de boucherie, l'augmentation de la vitesse de croissance est relativement facile à cause des valeurs souvent élevées de l'héritabilité du poids vif. Mais une croissance très rapide s'accompagne souvent d'une baisse des caractères de reproduction et d'une modification de la qualité traditionnelle de la viande.

L'influence de la vitesse de croissance sur les caractéristiques de reproduction et de carcasse a fait l'objet de nombreuses expériences de sélection effectuées sur des animaux de laboratoire comme la Souris (cf. les revues de ROBERTS, 1965, et de EISEN, 1974) ou le Rat (ZUCKER, 1960 ; BAKER *et al.*, 1975). Dans l'espèce poule, plusieurs expérimentateurs ont pratiqué avec succès une sélection divergente sur le poids vif à partir d'une même population de départ. Dès 1936, SCHNETZLER, travaillant sur une souche de *Plymouth-Rock* barrée, a montré qu'une telle sélection était possible. Une expérience portant sur le poids à 12 semaines dans la souche *Silver Oklabar* a été menée par GODFREY et GOODMAN (1955) puis par MALONEY *et al.* (1963). Une autre portant sur le poids à 8 semaines en race *Wyandotte* a été réalisée par GYLES et THOMAS (1963). Plusieurs expériences de sélection divergente sur le poids à 8 semaines ont été réalisées en race *Plymouth-Rock* blanche car il s'agit d'une race très utilisée dans la production du poulet moderne : BECKER et BERG (1959), SIEGEL (1962), FOX (cité par FARRINGTON et MELLE, 1967). Une sélection divergente sur le poids adulte en race *Leghorn* a été pratiquée par MORGAN (1960) et par NORDSKOG et FESTING (1962). Signalons également le travail de MACHA et BECKER (1970) sur le poids à 6 semaines de la caille japonaise.

Les expériences ci-dessus ont permis d'obtenir en peu de générations des animaux ayant des courbes de croissance nettement différenciées. On peut aussi chercher à modifier l'allure normale de la courbe de croissance en travaillant non plus sur un seul, mais sur deux (ou plus) stades de la croissance. Les premiers auteurs à avoir modifié de cette façon la forme de la courbe de croissance ont utilisé des moyens nutritionnels, à la suite des travaux du zootechnicien anglais J. HAMMOND qui eut l'idée de donner aux animaux une ration très riche ou très pauvre par rapport à leurs besoins. La méthode a été appliquée par WILSON (1952) et par McCANCE (1960) à l'espèce poule.

Mais il est possible, également, de manipuler la courbe de croissance par des moyens génétiques. En effet, la corrélation entre le poids à deux âges différents n'est jamais absolue : chez la Poule, les nombreuses références citées par KINNEY (1969) montrent que la corrélation génétique entre le poids à 8 semaines et le poids adulte est en moyenne de 0,5 ; dans la souche témoin de type chair « *Ottawa* », MERRITT (1968) trouve une corrélation génétique de 0,65 (composante père) et une corrélation phénotypique de 0,47 entre les poids vifs à 9 et 44 semaines. Cela veut dire que la croissance à 8 ou 9 semaines est partiellement indépendante de la taille adulte, comme l'avaient pressenti JAAP et MORRIS (1937). Cela veut dire aussi qu'il doit être possible par sélection de modifier l'allure de la courbe de croissance (MERRITT et SLEN, 1965 ; CLAYTON et ROBERTSON, 1966 ; BEILLARZ, 1974). Effectivement plusieurs essais ont été réalisés. Chez la Souris, McCARTHY (1971, 1974) cherche à augmenter le poids à 5 semaines et à diminuer le poids à 10 semaines, et inversement ; WILSON (1973) cherche à modifier le rapport des gains de poids à des âges différents. Chez les bovins, FOULEY et MOLINUEVO (1971) ont étudié la possibilité de modifier la courbe de croissance des veaux avant sevrage comme moyen d'améliorer l'aptitude au vêlage des races à viande. Chez la Dinde, ABPLANALP *et al.* (1963) ont cherché à sélectionner une souche ayant un poids à 8 semaines élevé et un poids à 24 semaines faible. Chez la Poule enfin, MERRITT et SLEN (1963) de même que GYLES et THOMAS (1963) ont essayé d'augmenter le poids du jeune Poulet tout en diminuant celui de la Poule à l'entrée en ponte (c'est-à-dire vers 20-21 semaines). L'intérêt pratique d'une

souche à poids juvénile élevé mais à poids adulte faible est d'avoir à la fois une bonne productivité du Poulet et de la reproductrice. Malheureusement, les résultats obtenus sont assez peu encourageants.

A la *Station du Magneraud*, au début des années 60, nous nous sommes posés la question de savoir si l'on pouvait obtenir des poulets ayant des courbes de croissance différentes, comme l'avaient fait WILSON (1952) ou McCANCE (1960), mais en utilisant des moyens génétiques. Une première idée était de sélectionner des animaux arrivant au même poids au même âge mais avec une croissance initiale forte ou faible. L'expérience a été ensuite généralisée à l'étude de l'ensemble des réponses corrélées à une sélection portant à la fois sur le poids juvénile et le poids adulte. A partir d'une même population de base, maintenue sans sélection, nous avons sélectionné les 4 types de souches : poids à 8 semaines fort ou faible, poids adulte fort ou faible. Dans ce premier article, nous présentons les réponses directes obtenues jusqu'à la génération née en 1973 ainsi qu'une première estimation des réponses corrélées concernant l'ensemble de la courbe de croissance et les performances de ponte.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Origine des animaux

L'origine de nos souches expérimentales est une souche synthétique du Magneraud créée dans les années 1955-1960 à partir d'animaux de race *Bresse-Blanche*, *New-Hampshire* et *White-American*, et appelée « *Bresse-pile* » (COCHEZ, 1975). En 1960, la souche était divisée en 2 parties :

— Une première sous-souche, dite « *N* », provenait des croisements les plus anciens. Les animaux présentaient une bonne uniformité pour les caractères extérieurs : plumage roux et blanc

TABLEAU I

Moyennes et écarts-type du poids à 8 semaines, de l'angle de poitrine et du poids adulte dans la population de départ (2 lots éclos en 1960, seuls animaux vivant à l'âge de 32 semaines)

Caractéristique	Souche « N »	Souche « W »
1° Mâles.		
Effectifs	102	108
Poids 8 semaines (g)	825 ± 160	890 ± 128
Angle de poitrine (grade) ...	54,9 ± 3,9	57,9 ± 3,3
Poids adulte (g)	3 178 ± 309	3 499 ± 369
Corrélation entre poids 8 sem. et poids adulte	0,39	0,33
2° Femelles.		
Effectifs	249	156
Poids 8 semaines (g)	748 ± 119	771 ± 110
Angle de poitrine (grade) ...	56,8 ± 3,9	58,2 ± 3,3
Poids adulte (g)	2 726 ± 332	3 040 ± 361
Corrélation entre poids 8 sem. et poids adulte	0,46	0,48

(homozygotie pour les allèles *C*, *I* et *s*), crête simple (homozygotie pour les allèles *r* et *p*), pattes blanches ou bleues (homozygotie presque complète pour l'allèle *W*, polymorphisme au locus *id*). La conformation, de type longiligne, était celle d'une volaille méditerranéenne. Les caractéristiques de croissance et de ponte, non améliorées, en faisaient une souche purement expérimentale.

— Une deuxième sous-souche, dite « *W* », provenait de croisements récents entre la population « *N* » et des reproducteurs de race *White-American*. Le phénotype des animaux était moins homogène mais les poulets étaient plus lourds et avaient une meilleure conformation, celle-ci étant mesurée par l'angle de poitrine (RICARD, 1961).

Deux lots éclos en juin 1960 ont constitué la population de départ de notre expérience. Dans le tableau 1, nous indiquons, pour chacune des sous-souches « *N* », et « *W* » les performances mesurées sur les animaux qui étaient vivants à l'âge de 32 semaines : poids à 8 semaines, angle de poitrine à 8 semaines, poids adulte (mesuré à 32 semaines), corrélation phénotypique totale entre le poids à 8 et le poids à 32 semaines.

Création des souches expérimentales

À partir des animaux de type « *N* » nés en 1960, nous avons formé 6 parquets pédigrés de un coq et une douzaine de poules qui ont reproduit au printemps 1961. Par la suite, la population (appelée *X-88*) a été maintenue sans sélection, avec une génération chaque année, en reproduction pédigrée. Le schéma utilisé est celui décrit par KING *et al.* (1959) et utilisé par de nombreux chercheurs (par exemple MERRITT et GOWE, 1962) : choix au hasard d'un reproducteur mâle par coq, d'un reproducteur femelle par poule, accouplements au hasard en évitant les mariages frère \times sœur et demi-frère \times demi-sœur. Quand une mère n'a pas de descendant, on choisit comme remplaçante une poule du même parquet pédigré de façon à égaliser la descendance de chaque père. 12 parquets pédigrés ont été constitués en 1962, une vingtaine de 1963 à 1973.

À partir des animaux « *N* » et « *W* » nés en 1960, nous avons constitué 2 parquets pédigrés regroupant des animaux légers à 8 semaines et lourds à l'âge adulte (souche *X-11*) et 2 parquets regroupant des animaux lourds à 8 semaines et légers à l'âge adulte (souche *X-22*). En 1962, nous avons pu constituer 4 parquets pédigrés pour chacune de ces souches, 7 en 1963, une dizaine à partir de 1964, une quinzaine depuis 1972. L'expérience a été complétée en 1964 par la création de deux autres souches, l'une ayant un poids à 8 semaines et un poids adulte élevés (souche *X-33*), l'autre ayant un poids à 8 semaines et un poids adulte faibles (souche *X-44*). En 1964, 7 et 8 parquets pédigrés leur ont été consacrés, une dizaine à partir de 1965, une quinzaine depuis 1972. À partir de 1961, le poids adulte a été mesuré à l'âge de 36 semaines (± 1 semaine).

Le tableau 2 donne les effectifs de base de chaque souche pour chaque génération de 1961 à 1973 : nombre de pères et de mères ayant eu au moins 1 poussin éclos, nombre total de poussins éclos. Le nombre de lots d'éclosion a varié d'une année à l'autre en fonction des possibilités d'élevage dont nous disposions. Cela explique en grande partie les variations qui apparaissent dans le nombre moyen de poussins par mère. Pour les années 1963, 1964 et 1965, deux séries d'éclosion ont été obtenues pour la souche *X-88* : une première série utilisée comme témoin pour l'expérience courbe de croissance, une deuxième série pour avoir une population de référence plus importante.

Jusqu'en 1965, la moitié environ des reproducteurs des 4 souches sélectionnées ont été choisis dans la souche témoin, l'autre moitié provenant de la souche du type considéré. En 1966 et 1967, l'apport de la souche témoin peut se chiffrer à 20 p. 100 des animaux mis en reproduction. Les 4 souches sélectionnées ont été fermées en 1968. Le but de cette migration dans les premières générations de sélection était de concentrer aussi rapidement que possible les gènes responsables de la forme de la courbe de croissance sans augmenter notablement la consanguinité, et ce d'autant plus que nous ne pouvions entretenir qu'une seule souche par type.

Tout au long de la période considérée, les deux critères de sélection ont été le poids à 8 semaines et le poids adulte, mesuré à un âge voisin de 36 semaines. Nous n'avons pas cherché à calculer un index de sélection : le principe du choix était de prendre comme reproducteurs des animaux en bonne santé se rapprochant le plus du type recherché, et si possible ceux dont l'écart à la moyenne était de l'ordre de 1 écart-type pour chacun des deux critères de sélection. Jusqu'en 1971, aucun compte n'était tenu des performances d'élevage (caractères « fitness ») et en particulier de la mortalité. Mais au fil des ans, l'une ou l'autre souche sélectionnée présentait une grande fragilité, de façon variable selon les générations. Pour tenter de réduire cet inconvénient, nous avons tenu compte de ces caractères dans les dernières générations (à l'exception du témoin *X-88*), en éliminant :

- le tiers des familles de pleins frères sur le nombre de poussins éclos ;
- 25 à 30 p. 100 des familles sur le taux de mortalité.

TABLEAU 2

Effectifs de base des cinq souches expérimentales

Nombre de coqs et de poules ayant eu au moins un poussin éclos et nombre total de poussins éclos par souche et par génération

Année	Souche					X-44 Poids 8 sem. faible Poids adulte faible
	X-88 Souche témoin	X-11 Poids 8 sem. faible Poids adulte élevé	X-22 Poids 8 sem. élevé Poids adulte faible	X-33 Poids 8 sem. élevé Poids adulte élevé	X-44	
1961	6 / 68 / 1048	2 / 25 / 527	2 / 18 / 241	0	0	0
1962	12 / 107 / 2392	4 / 34 / 959	4 / 33 / 665	0	0	0
1963	20 / 166 / 1379	7 / 55 / 369	7 / 57 / 464	0	0	0
1964	25 / 178 / 1088	10 / 42 / 442	10 / 46 / 530	7 / 41 / 441	8 / 40 / 414	8 / 40 / 414
1965	20 / 183 / 1092	10 / 58 / 568	10 / 58 / 606	10 / 57 / 476	10 / 52 / 588	10 / 52 / 588
1966	18 / 50 / 881	10 / 44 / 351	10 / 48 / 452	10 / 41 / 391	10 / 46 / 390	10 / 46 / 390
1967	20 / 95 / 999	10 / 46 / 482	10 / 47 / 608	10 / 53 / 612	10 / 55 / 626	10 / 55 / 626
1968	20 / 98 / 1106	10 / 56 / 741	10 / 43 / 500	10 / 57 / 530	10 / 49 / 593	10 / 49 / 593
1969	20 / 90 / 1205	10 / 52 / 425	10 / 56 / 799	10 / 71 / 678	10 / 53 / 562	10 / 53 / 562
1970	20 / 88 / 1565	10 / 66 / 854	10 / 57 / 837	10 / 63 / 705	10 / 53 / 660	10 / 53 / 660
1971	20 / 88 / 1587	10 / 62 / 1081	10 / 57 / 1278	10 / 68 / 905	10 / 53 / 723	10 / 53 / 723
1972	20 / 79 / 951	15 / 45 / 305	15 / 41 / 449	15 / 62 / 570	15 / 44 / 361	15 / 44 / 361
1973	18 / 82 / 1054	15 / 54 / 467	14 / 41 / 448	15 / 70 / 632	15 / 53 / 601	15 / 53 / 601

Conditions d'entretien des animaux

Au cours de la période étudiée, les animaux ont subi des conditions d'élevage aussi constantes que possible mais des variations sont toutefois à signaler :

1. Période d'éclosion : toujours comprise entre fin mai et mi-juillet.
2. Bâtiments d'élevage : les mêmes bâtiments n'ont pas été utilisés tout au long de la période étudiée mais il s'agissait toujours de poussinières et de poulaillers de type traditionnel, avec fenêtres et ventilation statique.
3. Éclairage : éclairage naturel jusqu'en 1967, puis complément pour avoir 16 heures de lumière par jour en poulailler à partir de l'âge de 7 mois.
4. Prophylaxie sanitaire : peu d'interventions au cours des premières années (vaccinations contre la maladie de Newcastle et la variole). Puis, les programmes sont devenus complexes pour prévenir les coccidioses et les mycoplasmoses. L'année 1971 a été marquée par une attaque meurtrière de la maladie de Marek aiguë. A partir de 1972, les animaux ont toujours été vaccinés contre cette maladie.
5. Alimentation : le programme alimentaire a subi lui aussi quelques modifications. A partir de 1964, cependant, un effort a été fait pour donner le même aliment (aux variations de composition des matières premières près). Le tableau 3 indique les différents types d'aliment utilisés en fonction de l'âge des animaux et le tableau 4 donne les caractéristiques principales de ces aliments.

TABLEAU 3

Différents types d'aliment utilisés en fonction de l'âge des animaux et des années

Age des animaux	Année			
	1960 à 1963	1964 à 1965	1966 à 1969	1970 à 1973
0-3 semaines	A 1	R 1	R 1	R 1
3-8 semaines	A 2	R 1	R 1	R 1
8-11 semaines ⁽¹⁾	A 2	R 2	R 2	R 2
11-20 semaines ⁽¹⁾	C	R 2	C	C
après 20 semaines	D	R 3	R 3	D

⁽¹⁾ 13 semaines en 1972 et 1973.

Si les conditions d'élevage ont pu varier d'une année à l'autre, elles étaient les mêmes pour les cinq souches nées la même année. Tous les poussins nés le même jour ont été élevés ensemble dans les mêmes bâtiments, à deux exceptions près :

— comme indiqué précédemment, la souche témoin X-88 a eu deux séries d'éclosion en 1963, 1964 et 1965, seuls les animaux de la première série étant élevés en même temps que ceux des quatre souches sélectionnées ;

— en 1965, les poussins ont été élevés dans la même poussinière mais dans des cases différentes pour chaque souche, les animaux étant regroupés dans un même poulailler après l'âge de 16 semaines.

TABLEAU 4

Caractéristiques principales des aliments utilisés

Aliment	Matières azotées totales (%)	Énergie métabolisable en kcal/g
A 1	23,1	2 910
A 2	20,0	2 590
C	16,9	2 270
D	16,0	2 300
R 1	22,2	2 940
R 2	16,2	2 540
R 3	16,9	2 790

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Caractéristiques de la population de base

Dans le tableau 1, nous avons indiqué les paramètres statistiques du poids à 8 semaines et du poids adulte des animaux (nés en 1960) qui ont constitué notre population de départ. Nous avons d'autre part calculé les paramètres génétiques des

TABLEAU 5

Paramètres génétiques du poids à 8 semaines et du poids adulte dans un échantillon de la souche témoin X-88

(animaux nés en 1960, 1961 et 1962)

Caractéristiques	Mâles (1)		Femelles (2)	
	Poids à 8 semaines	Poids adulte	Poids à 8 semaines	Poids adulte
Moyenne (g)	900	3 179	772	2 719
Écart-type intra-lot d'éclosion (g)	147	362	113	340
<i>Héritabilité</i>				
Composante père (h_p^2)	0,42	0,35	0,45	0,41
Composante mère (h_d^2)	0,27	0,86	0,61	0,76
<i>Corrélation génétique</i>				
Composante père (r_{Gs})	0,22		0,56	
Composante mère (r_{Gd})	0,74		0,68	
Corrélation phénotypique totale	0,41		0,49	

(1) Calculs portant sur 28 pères, 165 mères et 330 individus contrôlés.

(2) Calculs portant sur 28 pères, 209 mères et 575 individus contrôlés.

mêmes caractères pour les animaux de la souche témoin nés en 1960 (sous-souche N), 1961 et 1962 (souche X-88). Nous nous sommes limités aux lots d'éclosion (2 par année) où mâles et femelles ont tous été gardés jusqu'à l'âge adulte. Les calculs ont porté sur les valeurs brutes des deux poids vifs des seuls animaux vivant au moment de la pesée adulte. Les résultats sont indiqués dans le tableau 5 : moyennes, écarts-type calculés intra-lot d'éclosion, composantes père et mère des héritabilités et des corrélations génétiques.

Les résultats obtenus concordent avec les chiffres trouvés dans la littérature (voir par exemple les références citées par KINNEY, 1969). Les héritabilités sont relativement élevées : composante père de l'ordre de 0,4. La composante père de la corrélation génétique est de 0,2 pour les mâles et inférieure à 0,6 pour les femelles. Dans notre population, il paraissait donc possible de sélectionner indépendamment pour le poids juvénile et le poids adulte, comme l'avaient signalé nombre d'auteurs cités dans l'introduction.

TABLEAU 6

*Moyennes et écarts-type du poids vif dans la souche témoin X-88
selon les années*

Calculs réalisés sur les seuls animaux vivant au moment
de la pesée adulte (36 ± 1 semaines)

Année	Mâles			Femelles		
	Effectif	Poids 8 semaines	Poids adulte	Effectif	Poids 8 semaines	Poids adulte
1961	104	819 ± 150	3 058 ± 390	388	715 ± 124	2 634 ± 355
1962	122	1 033 ± 139	3 282 ± 367	413	814 ± 107	2 754 ± 344
1963	320	939 ± 131	3 235 ± 380	598	804 ± 95	2 705 ± 319
1964	246	1 021 ± 125	3 264 ± 323	483	840 ± 110	2 736 ± 387
1965	218	893 ± 132	3 108 ± 332	622	766 ± 97	2 642 ± 346
1966	389	888 ± 154	3 163 ± 405	469	738 ± 112	2 686 ± 396
1967	328	932 ± 132	3 229 ± 362	380	765 ± 96	2 693 ± 376
1968	292	970 ± 129	3 167 ± 310	425	782 ± 103	2 651 ± 323
1969	319	810 ± 155	2 944 ± 329	416	665 ± 121	2 467 ± 317
1970	299	867 ± 133	2 908 ± 355	515	704 ± 104	2 363 ± 321
1971	249	802 ± 126	2 816 ± 344	443	654 ± 92	2 243 ± 334
1972	177	844 ± 145	2 931 ± 339	400	660 ± 122	2 358 ± 299
1973	212	877 ± 132	2 966 ± 319	394	657 ± 100	2 319 ± 281
Moyenne	251	900 ± 137	3 082 ± 350	457	736 ± 106	2 558 ± 338

Un autre point intéressant à étudier est l'évolution des caractéristiques de la souche témoin en fonction du temps. Le tableau 6 indique les paramètres statistiques du poids à 8 semaines et du poids adulte pour chacune des générations de la souche témoin X-88 de 1961 à 1973. La figure 1 permet de voir de façon plus claire l'évolution du poids vif (cas des femelles). Ici encore, les calculs ont été faits sur les seuls animaux vivant au moment de la pesée adulte (36 ± 1 semaines).

La plupart des auteurs ayant travaillé sur des souches témoins font état de variations non significatives avec le temps. C'est le cas de KING *et al.* (1963), de MERRITT

(1966), de SIEGEL (1970), et de JAAP (1971) pour le poids juvénile ; c'est le cas de GOWE *et al.* (1959), de KING *et al.* (1963) et de BOWMAN et POWELL (1971) pour le poids adulte ou le poids à l'entrée en ponte. Il existe cependant quelques cas de variations significatives : KINNEY *et al.* (1968) observent une diminution du poids à 8 semaines et du poids adulte dans une souche *Leghorn* ; dans une souche de type *Rhode-Island*, KINNEY et LOWE (1968) observent une augmentation significative du poids à 55 semaines ; chez la Dinde, NESTOR *et al.* (1969) observent une augmentation significative des poids à 8, 16 et 24 semaines.

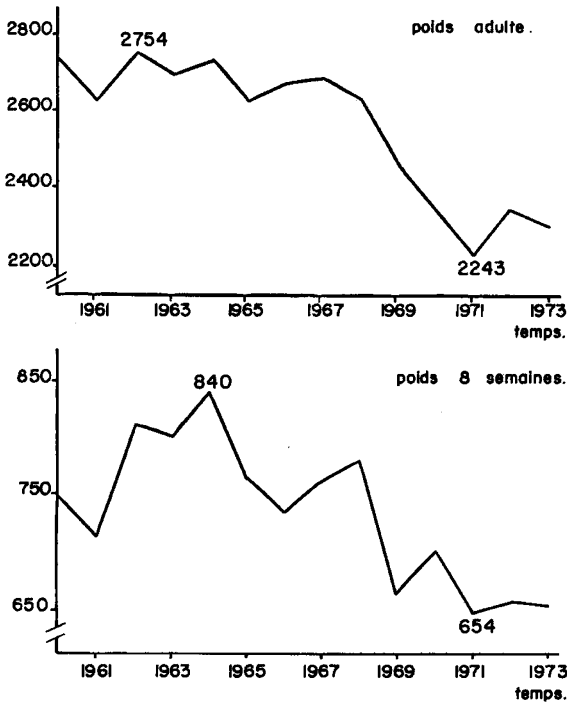


FIG. 1. — Évolution des moyennes annuelles du poids vif dans la souche témoin X-38, cas des femelles

Dans notre souche témoin, des fluctuations importantes se manifestent d'une année à l'autre, plus d'ailleurs pour le poids à 8 semaines que pour le poids adulte. La tendance générale est une baisse des performances au fil des générations. Les régressions poids moyen/numéro de génération sont significatives. Nous obtenons pour les poules :

Poids à 8 semaines : $b = -12,5 \pm 3,3$ g

Poids adulte : $b = -39,7 \pm 7,2$ g

Toutefois, c'est à partir de 1969 que la baisse du poids vif est importante. Si on calcule les coefficients de régression pour les années 1 à 8 seulement, on obtient des valeurs non significativement différentes de zéro :

Poids à 8 semaines : $b = -0,6 \pm 5,9$ g

Poids adulte : $b = -4,0 \pm 7,1$ g

Pour les poules, la différence entre les moyennes annuelles maximum et minimum est de l'ordre de 1,7 écart-type pour le poids à 8 semaines et de 1,5 écart-type pour le poids adulte. La différence entre les années bonnes (1962-1968) et mauvaises (1969-1973) correspond approximativement à un écart-type, tant pour le poids à 8 semaines que pour le poids adulte. Pour les coqs, les courbes n'ont pas été tracées, mais les résultats sont analogues. Nous n'avons pas d'explication simple à donner à propos de ces baisses de performances. L'augmentation du taux de consanguinité, 10 p. 100 environ pour la période considérée, ne semble pas suffisante pour expliquer une telle chute. L'aliment distribué jusqu'à l'âge de 8 semaines avait la même composition de 1964 à 1973 ; celui distribué aux poules adultes a varié mais la même formule a été donnée avant 1964 et après 1969 et les poids adultes sont très différents. Nous pensons plutôt à une détérioration progressive de l'état sanitaire (le *Domaine du Magneraud* abrite en permanence 60 000 à 80 000 poules, coqs et poulets de divers âges). Une autre hypothèse serait que le fait d'avoir éclairé les poules nées en 1968 et les années suivantes pendant 16 heures par jour a entraîné une diminution de la vitesse de croissance dans les générations ultérieures.

Réponses directes à la sélection

Les variations observées dans les performances de la souche témoin nous ont amené à prendre comme unité de mesure pour les réponses à la sélection l'écart-type du poids des animaux témoins élevés en même temps que les animaux sélectionnés. Nous avons exprimé ces réponses sous forme de graphique dans les figures 2 (pour les mâles) et 3 (pour les femelles) : la partie inférieure correspond au poids à 8 semaines et la partie supérieure au poids adulte. Les coefficients de régression poids moyen/numéro de génération sont donnés avec leur écart-type dans le tableau 7. Ici encore, les calculs ont porté sur les seuls animaux vivant au moment de la pesée adulte.

TABLEAU 7

Coefficients de régression des moyennes du poids vif sur le numéro de génération dans les souches sélectionnées et leur écart-type ($b \pm s_b$)

Souche	Poids 8 semaines ⁽¹⁾	Poids adulte ⁽¹⁾
1) Mâles		
X-11	- 0,170 \pm 0,003	+ 0,162 \pm 0,026
X-22	+ 0,083 \pm 0,014	- 0,080 \pm 0,016
X-33	+ 0,127 \pm 0,034	+ 0,275 \pm 0,037
X-44	- 0,241 \pm 0,039	- 0,245 \pm 0,042
2) Femelles		
X-11	- 0,155 \pm 0,030	+ 0,135 \pm 0,017
X-22	+ 0,099 \pm 0,011	- 0,039 \pm 0,020 NS
X-33	+ 0,169 \pm 0,026	+ 0,254 \pm 0,024
X-44	- 0,245 \pm 0,042	- 0,215 \pm 0,072

⁽¹⁾ Les moyennes annuelles sont exprimées en écart à la population témoin. Cet écart est lui-même mesuré en écart-type de la population témoin.

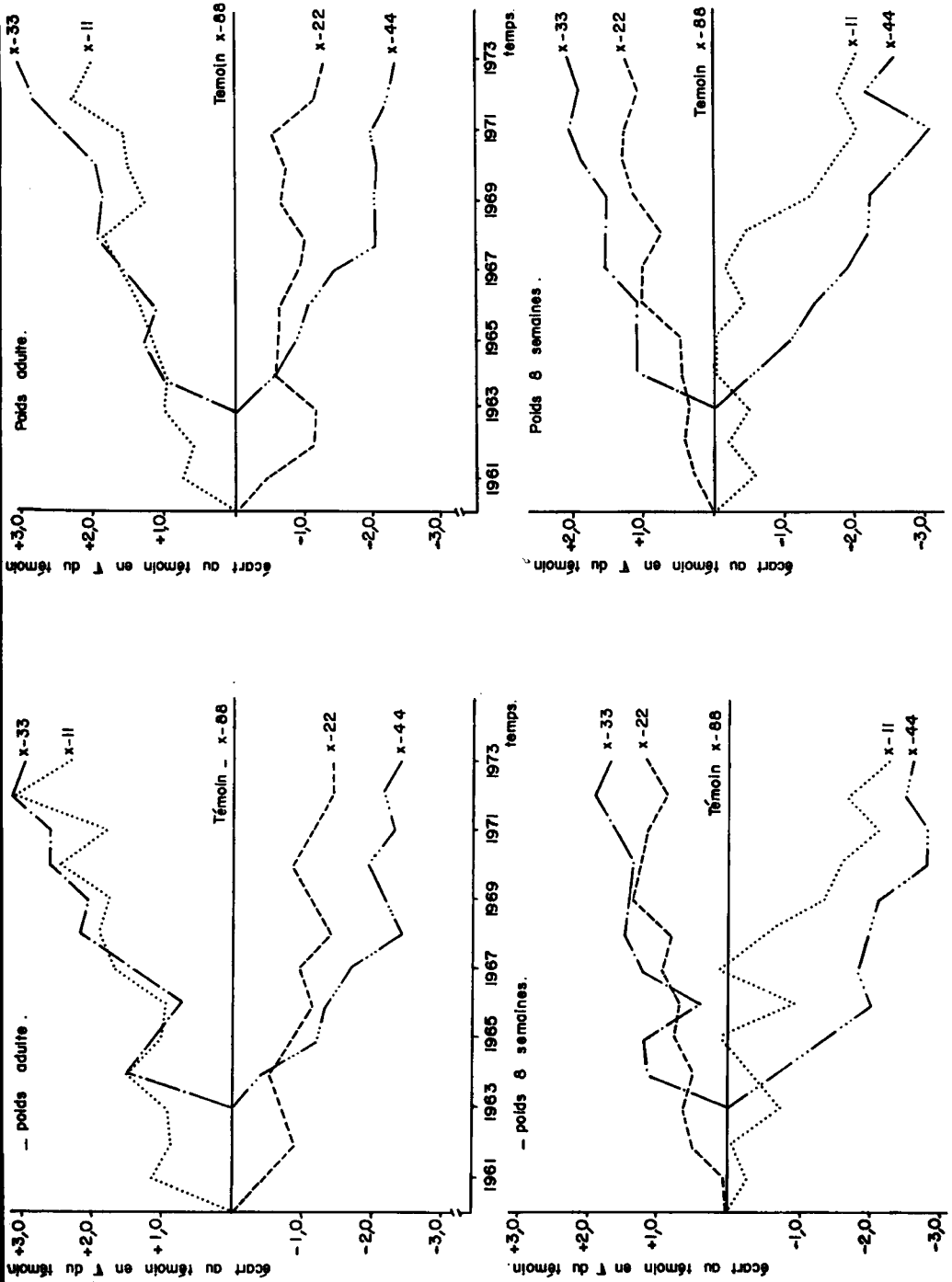


FIG. 2. — Évolution du poids vif dans les souches sélectionnées, cas des mâles.

FIG. 3. — Évolution du poids vif dans les souches sélectionnées, cas des femelles.

Les graphiques montrent clairement que la sélection a été efficace. Les régressions sont toujours significatives, à l'exception des femelles de la souche *X-22* où le poids adulte a diminué d'un écart-type au cours des 2 premières générations mais s'est ensuite stabilisé autour de cette valeur. On remarque également que le poids à 8 semaines de la souche *X-11* ne s'est différencié du témoin qu'à partir de l'année 1968 alors que le poids adulte divergeait dès la première génération.

L'analyse des coefficients de régression (tabl. 7) montre que les réponses à la sélection des 2 souches complémentaires *X-11* (poids faible-poids élevé) et *X-22* (poids élevé-poids faible) ne sont pas symétriques : les coefficients de la souche *X-22* sont approximativement deux fois plus petits que ceux de la souche *X-11*. Les souches extrêmes *X-33* et *X-44*, qui ont divergé de façon importante dès le départ, présentent une réponse à peu près symétrique pour le poids adulte. Pour le poids à 8 semaines, le coefficient de régression est plus élevé, en valeur absolue, pour la souche légère (*X-44*) que pour la souche lourde (*X-33*). Les régressions élevées que nous observons pour la réponse du poids à 8 semaines dans les deux lignées sélectionnées pour un poids juvénile faible nous amènent à penser que dans le pool génétique de départ devaient exister des gènes particuliers, peut-être en petit nombre, responsables d'une croissance très ralentie au cours des premières semaines de vie. Par la suite, les animaux peuvent soit rester petits (type *X-44*) soit recouvrer une croissance normale et même supérieure (type *X-11*). Il est probable que ce phénomène est particulier à nos souches. Dans leurs expériences de sélection divergente sur le poids vif, SIEGEL (1970) pour le poids à 8 semaines et NORDSKOG *et al.* (1974) pour le poids adulte obtiennent des réponses à peu près symétriques. Au contraire, dans l'expérience sur le poids à 12 semaines de MALONEY *et al.* (1967), la réponse de la lignée « poids élevé » est plus forte que celle de la lignée « poids faible ».

Dans notre expérience, la souche *X-22* (poids à 8 semaines élevé-poids adulte faible) est celle qui répond à la sélection avec le moins de facilité. Cela semble général : GYLES et THOMAS (1963) n'ont pas réussi à obtenir une souche de ce type en race *Wyandotte*; ABPLANALP *et al.* (1963), chez la Dinde et MERRITT (1974), chez le poulet sont parvenus à augmenter le poids juvénile, mais sans diminuer (ou même en augmentant) le poids adulte. Il convient toutefois de noter que ces derniers ont utilisé le poids à l'entrée en ponte, lequel mesure probablement mal le poids adulte.

Première étude des réponses corrélées

L'influence de la sélection sur la courbe de croissance réelle est suivie chaque année sur un lot d'animaux qui sont pesés à intervalles réguliers. La figure 4 schématise les résultats obtenus pour un lot de poules nées en 1973. Les graphiques font bien apparaître l'écart considérable qui existe entre les souches extrêmes : la souche *X-33* est environ deux fois plus lourde, à tous les âges, que la souche *X-44*. Les courbes des souches *X-11* et *X-22* se croisent vers l'âge de 15 semaines. Les souches à poids adulte faible (*X-22* et *X-44*) ont pratiquement atteint ce poids adulte dès l'âge de 24 semaines. Au contraire, les souches à poids adulte élevé ont une croissance en poids qui dure beaucoup plus longtemps, principalement la souche *X-11*. Ce résultat montre que le choix de l'âge de pesée est important si on veut déterminer avec précision le poids

adulte : on peut le prendre assez tôt pour les souches de pondeuses qui sont de petit format, il faudrait attendre 11 mois ou un an pour les souches chair. L'âge de 36 semaines, que nous utilisons, n'est qu'un compromis.

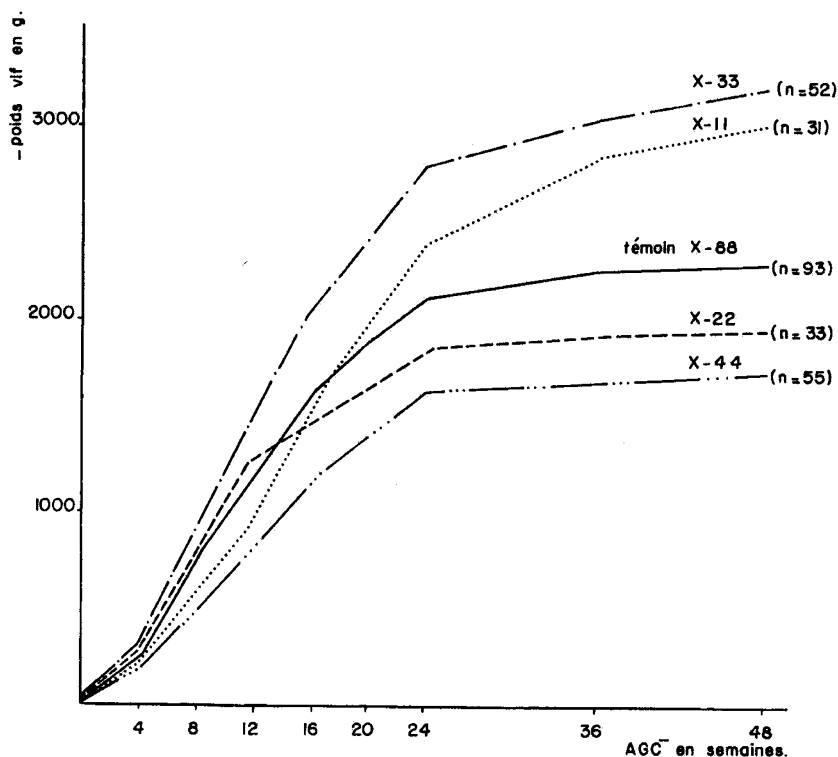


FIG. 4. — Courbes de croissances obtenues pour un lot de poules nées en 1973

Dans le tableau 8, nous donnons quelques performances zootechniques mesurées sur les mêmes poules qui ont servi à construire la figure 4 : poids à différents âges, mortalité, caractéristiques de ponte.

Dans ce lot, le taux de mortalité le plus élevé est observé dans la souche X-11. Les souches X-88 et X-44 ont une mortalité relativement faible. Un taux de consanguinité plus faible pour la première, un format adulte réduit pour la deuxième, peuvent expliquer en partie ces résultats. Les différences entre les 5 souches sont significatives pour la mortalité de 0 à 12 semaines ($\chi^2 = 15,4$ pour 4 degrés de liberté) mais pas pour la période 12-48 semaines ($\chi^2 = 7,7$ pour 4 degrés de liberté). Nous n'attacherons cependant pas une importance trop grande à ces résultats parce qu'il s'agit d'un petit échantillon (pour un calcul de mortalité) et que ce caractère est très variable d'une année à l'autre et d'une souche à l'autre.

En ce qui concerne la ponte, il apparaît que les poules X-11 sont de médiocres pondeuses : entrée en ponte tardive, intensité faible. Mais les œufs sont gros. La souche témoin X-88 et la souche X-22 semblent équivalentes mais cette dernière pond des œufs plus petits. La souche lourde X-33, qui représente ici les souches « chair »,

TABLEAU 8
Caractéristiques zootechniques moyennes et écart-type pour un lot de poules nées en 1973

Caractéristiques	Souches				
	X-88 (Témoïn)	X-11	X-22	X-33	X-44
Poids vifs (1)	(n = 93)	(n = 34)	(n = 33)	(n = 52)	(n = 55)
1 jour (g)	36,3 ± 3,2	37,5 ± 3,2	34,8 ± 2,8	40,7 ± 3,4	33,1 ± 2,1
8 semaines (g)	773 ± 95	581 ± 92	859 ± 74	955 ± 93	488 ± 60
36 semaines (g)	2 267 ± 280	2 857 ± 313	1 943 ± 173	3 046 ± 271	1 669 ± 134
Mortalité globale					
0-12 semaines (%)	1,4	15,0	8,8	5,9	4,3
12-48 semaines (%)	18,4	29,4	25,0	20,3	10,4
Ponte (2)	(n = 89)	(n = 31)	(n = 33)	(n = 47)	(n = 53)
Age 1er œuf (jours)	181 ± 17	215 ± 15	189 ± 15	191 ± 18	182 ± 17
Nombre d'œufs à 40 sem.	63,5 ± 15,7	36,7 ± 14,4	59,4 ± 14,7	52,8 ± 14,4	61,7 ± 17,0
Intensité de ponte (%)	60,5 ± 13,6	51,4 ± 14,3	61,0 ± 11,3	56,4 ± 11,8	59,1 ± 12,9
Poids moyen de l'œuf (g)	53,2 ± 3,6	56,6 ± 4,7	48,9 ± 2,7	57,1 ± 5,1	49,8 ± 3,4
Index de productivité (3)	149	73	150	99	181

(1) Animaux vivant à 48 semaines pour les effectifs du poids vif.

(2) Poules ayant les 3 mesures de ponte (âge au 1er œuf, nombre d'œufs, poids de l'œuf).

(3) Index = nombre œufs × poids œuf/poids adulte.

pond de gros œufs mais en nombre relativement faible. La souche X-44, la plus légère, se révèle comme la meilleure pondeuse, pour son poids. Pour toutes les caractéristiques de ponte, les différences entre souches sont significatives au seuil 1 p. 100 (test F). Nous avons cherché à mesurer de façon synthétique les performances de ponte en divisant la masse d'œufs exportée (nombre d'œufs \times poids moyen de l'œuf) par le poids adulte de la Poule. On obtient un « index de production » qui figure dans la dernière ligne du tableau 8.

En conclusion, les résultats que nous avons observés montrent qu'une sélection pour modifier la forme de la courbe de croissance est possible chez la poule et qu'elle aboutit à des souches ayant des caractéristiques très différentes. Des résultats plus détaillés et plus complets sur les réponses corrélées seront présentés dans des publications ultérieures.

Reçu pour publication en décembre 1975.

SUMMARY

A TRIAL OF SELECTING CHICKENS ON THEIR GROWTH CURVE PATTERN : EXPERIMENTAL DESIGN AND FIRST GENERAL RESULTS

From the same *Bresse-Pile* strain (called X-88) maintained as a randombred control population, four experimental lines were developed : X-11 with low juvenile and high adult body weights ; X-22, high juvenile and low adult ; X-33, high juvenile and high adult ; X-44, low juvenile and low adult. Some of the results obtained from 1961 to 1973 are given here : 8-week and 36-week body weights in the control strain, and direct responses for the two weights in the selected strains ; correlated responses for growth until 48 weeks of age, mortality and egg production in a sample of pullets hatched in 1973.

Statistic and genetic parameters are given for early samples of the control strain. Rather high values were obtained for body weight heritabilities. Sires, Dams and hatched chicks numbers are given for each year and each line. A significant decrease of 8-week and adult body weights were found in the control population, especially after 1968. Efficiency of selecting chickens on their growth curves was proven by the analysis of direct responses (where deviations from control are measured in standard deviations of body weights of the control strain). It is then possible to modify the growth curves of chickens by genetic means. Yet, it can be said that the high-low line was obtained with more difficulties. Significant differences between lines were found for mortality to 12 weeks and egg production. The best layer was found to be the low-low line, the worst the low-high one.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABPLANALP H., OGASAWARA F. X., ASMUNDSON V. S., 1963. Influence of selection for body weight at different ages on growth of turkeys. *Br. Poultry Sci.*, **4**, 71-82.
- BAKER R. L., CHAPMAN A. B., WARDELL R. T., 1975. Direct responses to selection for postweaning weight in the rat. *Genetics*, **80**, 171-189.
- BECKER W. A., BERG L. R., 1959. The relationships between the nutritional environment and selection for body weight. *Poultry Sci.*, **38**, 1234 (Abstract).
- BEILHARZ R. G., 1974. Possibility of changing shape of growth curve through breeding. *1^{er} Cong. Mond. genet. appl. Prod. anim.*, Madrid, **3**, 547-551.
- BOWMAN J. C., POWELL J. C., 1971. Genetic control populations : a study of efficiency of six poultry control strains. *Br. Poultry Sci.*, **12**, 511-528.

- CLAYTON G. A., ROBERTSON A., 1966. Genetics of changes in economic traits during the laying year. *Br. Poultry Sci.*, **7**, 143-151.
- COCHEZ L. P., 1975. Communication personnelle.
- EISEN E. J., 1974. The laboratory mouse as a mammalian model for the genetics of growth. *1^{er} Cong. Mond. Genet. appl. Prod. anim.*, Madrid, **1**, 467-492.
- FARRINGTON A. J., MELLEN W. J., 1967. Thyroid activity and endocrine gland weight in fast- and slow-growing chickens. *Growth*, **31**, 43-59.
- FOULEY J. L., MOLINUEVO H. A., 1971. Possibilité de modification de la courbe de croissance avant sevrage des veaux de races à viande françaises. *C. R. 10^e Cong. intern. Zootech.*, Versailles, Thème VII.
- GODFREY G. F., GOODMAN B. L., 1955. Selection for small and large body size in broiler chickens. *Poultry Sci.*, **34**, 1196-1197 (Abstract).
- GOWE R. S., JOHNSON A. S., DOWNS J. H., GIBSON R., MOUNTAIN W. F., STRAIN J. H., FINNEY B. F., 1959. Environment and poultry breeding problems. IV. The value of a random-bred control strain in a selection study. *Poultry Sci.*, **38**, 443-462.
- GYLES N. R., THOMAS J. E., 1963. Divergent selection for eight-week body weight in White Wyandottes. *Poultry Sci.*, **42**, 1273-1274 (Abstract).
- JAAP R. G., 1971. Selection for body size and reproductive fitness in chickens. *World's Poultry Sci. J.*, **27**, 372-379.
- JAAP R. G., MORRIS L., 1937. Genetical differences in eight-week weight and feathering. *Poultry Sci.*, **16**, 44-48.
- KING S. C., CARSON J. R., DOOLITTLE D. P., 1959. The Connecticut and Cornell randombred populations of chickens. *World's Poultry Sci. J.*, **15**, 139-159.
- KING S. C., VAN VLECK L. D., DOOLITTLE D. P., 1963. Genetic stability of the Cornell randombred control population of White Leghorns. *Genet. Res.*, **4**, 290-304.
- KINNEY T. B. JR, 1969. A summary of reported estimates of heritabilities and of genetic and phenotypic correlations for traits of chickens. *U. S. D. A. Agric Handb.*, 363.
- KINNEY T. B. JR, LOWE P. C., 1968. Genetic and phenotypic variation in the Regional Red controls over nine years. *Poultry Sci.*, **47**, 1105-1110.
- KINNEY T. B. JR, LOWE P. C., BOHREN B. B., WILSON S. P., 1968. Genetic and phenotypic variation in randombred White Leghorn controls over several generations. *Poultry Sci.*, **47**, 113-123.
- MACHA A., BECKER W. A., 1970. Comparison of predicted with actual selection gain of *Coturnix japonica* body weight. *World's Poultry Sci. J.*, **27**, 167 (abstract).
- MALONEY M. A. JR, GILBREATH J. C., MORRISON R. D., 1963. Two-way selection for body weight in chickens. I. The effectiveness of selection for twelve-week body weight. *Poultry Sci.*, **42**, 326-334.
- MALONEY M. A. JR, GILBREATH J. C., TIERCE J. F., MORRISON R. D., 1967. Divergent selection for twelve-week body weight in the domestic fowl. *Poultry Sci.*, **46**, 1116-1127.
- MCCANCE R. A., 1960. Severe under nutrition in growing and adult animal. I. Production and general effects. *Br. J. Nutr.*, **14**, 59-73.
- MCCARTHY J. C., 1971. Effects of different methods of selection for weight on the growth curve of mice. *10^e Cong. intern. Zootech.*, Versailles, Thème VII.
- MCCARTHY J. C., 1974. Insights into genetic variation in the deposition of fat from selection experiments in mice. *1^{er} Cong. Mond. Genet. appl. Prod. anim.*, Madrid, **3**, 529-531.
- MERRITT E. S., 1966. Estimates by sex of genetic parameters for body weight and skeletal dimensions in a randombred strain of meat type fowl. *Poultry Sci.*, **45**, 118-125.
- MERRITT E. S., 1968. Genetic parameter estimates for growth and reproductive traits in a randombred control strain of meat type fowl. *Poultry Sci.*, **47**, 190-199.
- MERRITT E. S., 1974. Selection for growth rate in broilers with a minimum increase in adult size. *1^{er} Cong. mond. Genet. appl. Prod. anim.*, Madrid, **1**, 951-958.
- MERRITT E. S., GOWE R. S., 1962. Development and genetic properties of a control strain of meat-type fowl. *XIIth World's Poultry Cong., Sydney*, 66-70.
- MERRITT E. S., SLEN S. B., 1965. Response to selection for body size at two ages in the fowl. in *Genetics today, Proc. XIth intern. Cong. Genet.*, The Hague, 1963, **1**, 261-262 (abstract).
- MORGAN W., 1960. Effectiveness of selection for large and small adult body size. *Proc. S. D. Acad. Sci.*, **39**, 77-83.
- NESTOR K. E., MCCARTNEY M. G., BACHEV N., 1969. Relative contributions of genetics and environment to turkey improvement. *Poultry Sci.*, **48**, 1944-1949.
- NORDSKOG A. W., FESTING M., 1962. Selection and correlated responses in the fowl. *Proc. XIIth world's Poultry Cong.*, Sydney, 25-29.
- NORDSKOG A. W., TOLMAN H. S., CASEY D. W., LIN C. Y., 1974. Selection in small populations of chickens. *Poultry Sci.*, **53**, 1188-1219.
- RICARD F. H., 1961. Note sur les méthodes d'estimation de l'angle de poitrine des poulets de chair. *Ann. Zootech.*, **10**, 61-72.
- ROBERTS R. C., 1965. Some contributions of the laboratory mouse to animal breeding research. Part I. *Anim. Breed. Abstr.*, **33**, 339-353.

- SCHNETZLER E. E., 1936. Inheritance of rate of growth in Barred Plymouth Rocks. *Poultry Sci.* **15**, 369-376.
- SIEGEL P. B., 1962. Selection for body weight at eight weeks of age. I. Short-term responses and heritabilities. *Poultry Sci.*, **41**, 954-962.
- SIEGEL P. B., 1970. Selection for juvenile body weight in chickens. *C. R. 14^e Cong. mond. Avic.*, Madrid, **2**, 465-471.
- WILSON P. N., 1952. Growth analysis of the domestic fowl. I. Age changes in external measurements and carcass composition. *J. Agric. Sci.*, **42**, 369-381.
- WILSON S. P., 1973. Selection for a ratio of body weight gains in mice. *J. Anim. Sci.*, **37**, 1098-1103.
- ZUCKER L. M., 1960. Two-way selection for body size in rats, with observations on simultaneous changes in coat color pattern and hood size. *Genetics*, **45**, 467-483.
-