

## Comparaison des races bovines *Charolaise*, *Limousine* et *Maine-Anjou* en race pure et en intercroisement

### 2. Performances d'engraissement des taurillons purs et F1

B. BONAÏTI, B. BIBÉ \*, A. HAVY \*\* et F. MÉNISSIER

avec la collaboration technique de

P. GILLARD, J.J. CHAMBEYRON, Gisèle LE MÉTAYER

et de tout le personnel de l'Unité expérimentale de La Minière

Institut National de la Recherche Agronomique, Station de Génétique Quantitative et Appliquée,  
Centre de Recherches de Jouy-en-Josas, 78350 Jouy-en-Josas, France

\* Institut National de la Recherche Agronomique, Station d'Amélioration Génétique des Animaux,  
Centre de Recherches de Toulouse, B.P. 27, 31326 Castanet-Tolosan, France

\*\* Adresse actuelle : Institut Technique de l'Élevage Bovin, 149, rue de Bercy, 75012 Paris, France

#### Résumé

Cette étude concerne les performances d'engraissement de 231 taurillons issus d'un schéma de croisement diallèle entre les races *Charolaise*, *Limousine* et *Maine-Anjou* ainsi que de 26 taurillons de race *Hereford*. Des contrôles de consommation et de croissance sont réalisés entre l'âge de 9 mois et l'abattage à 15 ou 18 mois. Les animaux reçoivent *ad libitum* un régime composé de luzerne déshydratée (70 %) et de pulpe de betterave (30 %). Entre 9 et 15 mois, les taurillons *Charolais* ont une croissance supérieure de 155 g/jour à celle des *Limousins* et inférieure de 108 g/jour à celle des *Maine-Anjou*. Entre 15 et 18 mois, les écarts de croissance entre races pures sont pratiquement nuls. Les différences de quantités d'aliments ingérés sont plus importantes (13 % entre les races *Limousine* et *Charolaise*, 15 % entre la *Charolaise* et la *Maine-Anjou* entre 9 et 15 mois). Après 15 mois, la *Charolaise* se rapproche de la *Limousine* et s'écarte de la *Maine-Anjou*. Vis-à-vis de l'efficacité alimentaire, la *Limousine* est supérieure à la *Charolaise*, elle-même supérieure à la *Maine-Anjou*. Les écarts sont faibles entre 9 et 15 mois (2,9 % entre les races *Limousine* et *Charolaise*, 6,5 % entre la *Charolaise* et la *Maine-Anjou*) mais importants dans la seconde période d'engraissement. L'avantage de la race *Limousine* est alors de 9 % sur la *Charolaise* et de 30 % sur la *Maine-Anjou*. La race *Hereford* a une consommation proche de celle de la *Limousine* et une efficacité alimentaire proche de celle de la *Maine-Anjou* pour les deux périodes d'engraissement. Entre 9 et 15 mois, l'effet d'hétérosis est de 3,3 % sur la vitesse de croissance et de 1,5 % sur l'efficacité alimentaire. Il est négatif après 15 mois.

*Mots clés* : bovins, production de viande, croisement, comparaison de races, hétérosis, *Charolaise*, *Limousine*, *Maine-Anjou*, *Hereford*, vitesse de croissance, efficacité alimentaire, capacité d'ingestion.

#### Summary

Comparison between *Charolais*, *Limousin* and *Maine-Anjou* breeds  
in pure- and cross-breeding

2. Fattening results of purebred and F1 young bulls

A total of 231 young bulls produced by a diallel cross between *Charolais*, *Limousin* and *Maine-Anjou* breeds as well as 26 *Hereford* purebreds were fattened from 9 to 15 or 18 months. They were fed *ad libitum* with dehydrated alfalfa (70 %) and beet root pulp (30 %). Between 9

and 15 months, *Charolais* had growth rate 155 g/d higher than *Limousin* and 108 g/d lower than *Maine-Anjou*. *Hereford* growth rate was 52 g/d lower than *Limousin*. From 15 to 18 months, differences in growth rate were negligible among *Limousin*, *Charolais* and *Maine-Anjou* but all were 202 to 232 g/d above *Hereford*. Daily feed intake differences were higher (13 % between *Limousin* and *Charolais*, 15 % between *Charolais* and *Maine-Anjou* from 9 to 15 months). After 15 months, *Charolais* was nearer to *Limousin* and farther from *Maine-Anjou*. *Limousin* exhibited higher feed efficiency than *Charolais*, which was better than *Maine-Anjou*. Feed efficiency differences were small between 9 and 15 months (2.9 % between *Limousin* and *Charolais*, 6.5 % between *Charolais* and *Maine-Anjou*) but larger during the second fattening period. Then, the *Limousin*'s advantage was 9 % over *Charolais* and 30 % over *Maine-Anjou*. During the two fattening periods, *Hereford* was close to *Limousin* for feed intake and to *Maine-Anjou* for feed efficiency. Between 9 and 15 months, heterosis effect was 3.3 % for growth rate and 1.5 % for feed efficiency. Heterosis in these two traits was negative after 15 months.

*Key words* : beef cattle, crossbreeding, breed comparison, heterosis, *Charolais*, *Limousin*, *Maine-Anjou*, *Hereford*, growth rate, feed efficiency, feed intake.

## I. Introduction

Une expérience de croisement entre trois races à viande françaises, *Charolaise*, *Limousine* et *Maine-Anjou*, fut réalisée en France à partir de 1970 pour analyser la variabilité et estimer les paramètres génétiques du croisement entre ces races pour les différents caractères zootechniques qui intéressent la production de viande à partir des troupeaux de vaches allaitantes (MÉNISSIER *et al.*, 1988). Cette étude concerne plus particulièrement l'aptitude à produire de la viande dans le cadre d'une production de taurillons engraisés intensivement : vitesse de croissance, quantités d'aliments ingérés et efficacité alimentaire. Elle donne une comparaison des trois races à viande françaises et de la *Hereford* ainsi qu'une estimation des effets d'hétérosis directs.

## II. Matériel et méthodes

### A. Matériel animal

Les taurillons utilisés proviennent du plan dialléle de croisement entre les trois races *Charolaise*, *Limousine* et *Maine-Anjou* et des accouplements en race pure *Hereford* (phases I.1 et I.2 décrites par MÉNISSIER *et al.*, 1988). Les veaux sont nés au printemps entre 1972 et 1976 et, pour la majorité d'entre eux, sur le domaine expérimental INRA de Galle (situé près de Bourges). En 1976, une partie des veaux issus du même troupeau parental est née dans un autre domaine expérimental INRA (Le Vieux Pin) en raison du transfert de leurs mères pour une nouvelle étape expérimentale (MÉNISSIER *et al.*, 1988). Tous les veaux mâles vivants après le sevrage sont concernés par cette étude des performances d'engraissement.

### B. Conduite alimentaire et protocole de contrôle durant l'engraissement

Les conditions d'alimentation sont restées homogènes durant toute l'expérience. Les veaux restent en permanence avec leur mère jusqu'au sevrage à l'âge constant de 6 mois et demi. A partir de l'âge de deux mois, ils peuvent consommer du foin de bonne

qualité et une quantité d'aliments concentrés limitée à 1,2 kg par jour. Les poids à 180 jours des veaux *Charolais*, *Limousins* et *Maine-Anjou* sont respectivement de 236, 215 et 248 kg, les croisés présentent un hétérosis de 5 kg et les *Hereford* n'atteignent que 187 kg (QUESNEL, 1980). Après le sevrage, ils disposent d'une alimentation à base de foin et de concentrés. A l'âge de huit mois, les veaux sont transférés dans une unité expérimentale d'engraissement où ils restent attachés en stalle longue sur une litière de paille (INRA-La Minière). Le protocole de contrôle de l'engraissement commence à l'âge de neuf mois après une période de transition de un mois. La ration distribuée sous forme de pellets est composée de 70 % de luzerne et de 30 % de pulpes de betterave déshydratées (91 % de matière sèche, 0,69 UFV et 100 g de PDI par kg de matière sèche). Cette ration était complétée par un condiment minéral vitaminé (100 à 150 g/j). Pour assurer une alimentation *ad libitum*, les refus étaient mesurés quatre fois par semaine et à cette occasion les quantités distribuées étaient, après une ration initiale de 6,5 kg, augmentées ou diminuées de 0,5 kg si la quantité de refus observée était respectivement inférieure à 1 kg ou supérieure à 2 kg. De faibles quantités de paille, non contrôlées, sont consommées par les animaux à partir de leur litière. Les animaux sont pesés tous les mois. Ils sont regroupés par lot d'engraissement selon leur date de naissance. A l'intérieur d'un lot, les différences d'âge en début de contrôle n'excèdent pas trois semaines. A partir de neuf mois, la durée de l'engraissement était de 182 jours pour une moitié des taurillons ou de 294 jours pour l'autre moitié. L'affectation des animaux à chacun de ces deux âges d'abattage est faite chaque année de façon aléatoire pour chacun des 10 types génétiques. Les effectifs sont donnés selon le génotype et l'âge en fin d'engraissement dans le tableau 1.

TABLEAU 1

*Effectifs des animaux engraisés selon le type génétique*  
*Numbers of fattened bulls according to genetic type*

Race paternelle	Race maternelle			
	<i>Limousine</i>	<i>Charolaise</i>	<i>Maine-Anjou</i>	<i>Hereford</i>
<i>Limousine</i> . . . . .	21 - 11 *	20 - 10	22 - 11	
<i>Charolaise</i> . . . . .	34 - 17	30 - 15	24 - 8	
<i>Maine-Anjou</i> . . . . .	29 - 16	30 - 13	21 - 9	
<i>Hereford</i> . . . . .				26 - 13

\* Le premier nombre donne l'effectif total des animaux engraisés, le second celui de ceux engraisés jusqu'à 18 mois.  
*The first figure gives the total number of fattened bulls, the second gives the number of those fattened up to 18 months.*

### C. Variables étudiées

Les variables suivantes sont analysées : poids au début du contrôle (273 jours d'âge), à 182 jours et à 294 jours d'engraissement (respectivement 15 et 18 mois d'âge), vitesse de croissance (g/jour), consommation journalière d'aliment (kg/jour), efficacité alimentaire (vitesse de croissance/consommation journalière en g/kg), appétit (consommation par 100 kg de poids vif moyen) pour chacune des trois périodes, 9-15, 15-18 et 9-18 mois.

### D. Méthodes d'analyse

L'analyse des données est réalisée par la méthode des moindres carrés selon un modèle faisant intervenir la régression sur l'âge en début de contrôle et quatre effets additifs : le type génétique (10 génotypes correspondant aux 4 races pures et aux 6 croisements F1), le lot d'engraissement (18 lots répartis sur 5 années) et le lieu de naissance (Galle pour les 4 premières années, Galle ou le Vieux Pin pour la dernière année).

Des combinaisons linéaires des effets « type génétique » sont calculées pour obtenir les effets d'hétérosis directs ( $h'$ ) et les effets propres à chaque croisement F1 (moyenne des deux croisements réciproques) (MÉNISSIER *et al.*, 1988). L'estimation des effets maternels à partir de ces données n'est pas donnée en raison de leur faible valeur espérée vis-à-vis du biais lié aux différences de niveaux génétiques entre les parents mâles et femelles (MÉNISSIER *et al.*, 1988). Les variances d'erreur de ces combinaisons linéaires sont obtenues en utilisant la matrice de variance et covariance entre estimées. Les tests de signification de ces différences ne tiennent compte que du risque d'erreur propre à la seule comparaison élémentaire concernée.

## III. Résultats

Les tests de signification pour chacun des facteurs de variation sont présentés dans le tableau 2. Les estimées des types génétiques et des effets d'hétérosis sont données dans les tableaux 3 et 4.

### A. Les effets de milieu

L'effet lot est significatif pour de nombreuses variables, en particulier pour les poids à 9, 15 et 18 mois. Les différences résultent entre autres des conditions climatiques, qui ont joué surtout sur la croissance des veaux avant le sevrage, et de l'évolution de l'âge des mères. L'utilisation exclusive, en vue du premier vêlage à deux ans en 1972, de deux pères à plus faible poids de naissance pour chaque race paternelle (MÉNISSIER *et al.*, 1988) explique aussi pour une part les moindres performances obtenues durant la première année. C'est en 1974 que le poids est le plus élevé. Sauf pour la première année, les différences initiales de poids sont en partie compensées par une meilleure vitesse de croissance en engraissement grâce à une consommation et une efficacité alimentaires plus élevées.

Les animaux nés au Vieux Pin en 1976 ont, en début de contrôle, un poids inférieur de 30 kg à celui de ceux nés à Galle. Ceci résulte du déficit d'herbe paturée, lié à la sécheresse particulièrement importante de 1976, et qui n'a pas été suffisamment compensé par des apports de fourrages.

L'effet de l'âge sur le poids en début d'engraissement (9 mois  $\pm$  20 jours) est significatif et traduit la croissance avant l'entrée en station. Les animaux plus âgés ont aussi, de façon significative, un appétit et une efficacité alimentaire plus faibles.

TABLEAU 2  
Analyse de variance  
Analysis of variance

Facteur de variation	Résiduelle		Lot d'engrais- sement	Lieu de naissance	Types gé- nétiques	Age au début	$R^2$ (%)
	$\sigma$	CV	$F$	$F$	$F$	$F$	
Variables							
Poids à : 9 mois (kg) . .	29	10,2	**	**	**	**	56
15 mois (kg) . .	43	7,9	**	*	**		54
18 mois (kg) . .	46	6,8	**		**		63
de 9 à 18 mois :							
VC (g/jour) . . . . .	117	9,0	*		**		54
Cons. (kg/jour) . . . . .	1,0	9,2			**		53
EA (g/kg) . . . . .	9	7,3	*	*	**		54
App. (kg/100 kg) . . . .	0,13	5,8	**		**	**	56
de 9 à 15 mois :							
VC (g/jour) . . . . .	164	11,6	+		**	*	36
Cons. (kg/jour) . . . . .	1,0	9,7	+		**		47
EA (g/kg) . . . . .	13	9,7	**		**	*	29
App. (kg/100 kg) . . . .	0,16	6,4	**		**	**	43
de 15 à 18 mois :							
VC (g/jour) . . . . .	177	16,7	**		*		45
Cons. (kg/jour) . . . . .	1,2	10,6			**		44
EA (g/kg) . . . . .	14	15,4	+		**		43
App. (kg/100 kg) . . . .	0,14	7,6			**		45

$\sigma$  : écart-type résiduel ; *residual standard deviation*.  
CV : coefficient de variation ; *coefficient of variation*.  
 $F$  : test de Fisher significatif au niveau ; *Fisher's test significant at level* : \*\* :  $P < 0.01$  ; \* :  $P < 0.05$  ;  
+ :  $P < 0.10$ .  
 $R^2$  : pourcentage de la variance expliqué par le modèle ; *R. Squared of the model*.  
VC : vitesse de croissance ; *growth rate*.  
Cons. : consommation journalière ; *daily feed consumption*.  
EA : efficacité alimentaire ; *feed efficiency*.  
App. : appétit ; *appetite (daily feed consumption / mean weight)*.

### B. Les effets génétiques

Les différences entre types génétiques sont significatives pour toutes les variables (tableaux 3 et 4).

#### 1. Comparaison entre races pures

Les quatre races pures se classent pour les poids aux différents âges en ordre croissant de la façon suivante : *Hereford*, *Limousine*, *Charolaise*, *Maine-Anjou*. La

TABLEAU 3  
 Estimation des moyennes par types génétiques et des effets d'hétérosis sur la période 9-15 mois  
 Genetic type means and heterosis effects during 9-15 months period

Types génétiques	Poids à 9 mois (kg)	Poids à 15 mois (kg)	Vitesse de croissance (g/l)	Consomma- tion (kg/l)	Eff. alim. (g/kg)	Appétit (kg/100 kg)	K
<i>Limousin</i> (LI) . . . . .	259a	488a	1 263a	9,1a	140a	2,44a	0,21
<i>Charolais</i> (CH) . . . . .	294bd	552b	1 418b	10,5be	136ac	2,47a	0,18
<i>Maine-Anjou</i> (MA) . . . . .	315c	592c	1 526c	12,1c	127b	2,66b	0,21
LI × CH . . . . .	290b	546b	1 403b	10,1b	139a	2,42a	0,13
CH × MA . . . . .	307cd	580c	1 502cd	11,3d	134abc	2,55c	0,13
LI × MA . . . . .	298bd	560b	1 440bd	10,7e	136ac	2,49ac	0,13
X <sub>p</sub> . . . . .	289	544	1 402	10,6	134	2,53	0,10
X <sub>c</sub> . . . . .	298	562	1 448	10,7	136	2,49	0,05
<i>Hereford</i> . . . . .	228e	448e	1 210a	9,4a	130bc	2,75b	0,20
Hétérosis (± écart-type)							
Moyen . . . . .	9 ± 4	18 ± 6	46 ± 24	0,2 ± 0,2	2 ± 2	- 0,04 ± 0,02	0,15
(%) . . . . .	3,1	**	3,3	1,5	1,5	- 1,6	
LI × CH . . . . .	14 ± 6	25 ± 9	63 ± 33	0,4 ± 0,2	1 ± 3	- 0,04 ± 0,03	0,20
(%) . . . . .	5,0	**	4,7	3,6	1,0	- 1,4	
CH × MA . . . . .	2 ± 6	8 ± 9	30 ± 33	0,0 ± 0,2	2 ± 3	- 0,02 ± 0,03	0,20
(%) . . . . .	0,8	1,4	2,1	0,2	1,5	- 0,7	
MA × LI . . . . .	11 ± 6	19 ± 9	45 ± 36	0,1 ± 0,2	3 ± 3	- 0,07 ± 0,04	0,22
(%) . . . . .	3,8	3,6	3,3	0,8	2,0	- 2,6	

LI × CH, CH × MA, LI × MA : moyenne des deux croisements réciproques ; mean of the two reciprocal crosses.

X<sub>p</sub> : moyenne des 3 races pures françaises ; mean of the 3 French pure breeds.

X<sub>c</sub> : moyenne des 6 croisements ; mean of the 6 crosses.

K : erreur standard / écart type résiduel (voir tableau 2) ; standard error / residual standard deviation (given in table 2).

a, b, c, d, e : deux résultats n'ayant pas d'indice commun sont différents au niveau 5 % ; two results, which have not a common letter, are significantly different at level 5 %.

TABLEAU 4  
*Estimation des moyennes par type génétique et des effets d'hétérosis sur les périodes 9-18 mois et 15-18 mois*  
*Genetic type means and heterosis effects during 9-18 months and 15-18 months period*

	de 9 à 18 mois / 9 to 18 months					de 15 à 18 mois / 15 to 18 months					K
	Poids à 18 mois (kg)	Vitesse de croissance (g/l)	Consommation (kg/l)	Eff. alim. (g/kg)	Appétit (kg/100 kg)	Vitesse de croissance (g/l)	Consommation (kg/l)	Eff. alim. (g/kg)	Appétit (kg/100 kg)		
<b>Types génétiques</b>											
Limousin (LI) . . . . .	617a	1 220a	9,9a	124a	2,26ad	1 104a	10,5a	106a	1,89ab	0,29	
Charolais (CH) . . . . .	673b	1 304abc	10,7ab	122a	2,23ab	1 074a	11,1ab	97ab	1,82a	0,26	
Maine-Anjou (MA) . . . . .	732c	1 404c	13,1c	108c	2,50c	1 099a	13,3c	82c	2,00bc	0,34	
LI × CH . . . . .	664b	1 264ab	10,4a	122a	2,18b	1 024a	10,8a	94bd	1,80a	0,18	
CH × MA . . . . .	712c	1 374c	11,9d	116b	2,33d	1 065a	12,2d	87cd	1,88ab	0,20	
LI × MA . . . . .	684b	1 321bc	11,0b	121ab	2,26ad	1 118a	11,6bd	97ab	1,87a	0,18	
X <sub>p</sub> . . . . .	674	1 309	11,2	118	2,33	1 092	11,6	95	1,90	0,15	
X <sub>c</sub> . . . . .	687	1 320	11,1	120	2,26	1 069	11,6	93	1,85	0,07	
Hereford . . . . .	551d	1 091d	10,0a	110c	2,54c	872b	10,6a	83c	2,09c	0,28	
<b>Hétérosis (± écart-type)</b>											
Moyen . . . . .	13 ± 10	10 ± 25	-0,1 ± 0,2	2 ± 2	-0,07 ± 0,03	-23 ± 39	-0,1 ± 0,3	-2 ± 3	-0,05 ± 0,03	0,21	
(%) . . . . .	1,9	0,8	-1,0	1,5	-3,1	-2,1	-0,7	-2,2	-2,7		
LI × CH . . . . .	19 ± 13	2 ± 34	0,1 ± 0,3	-1 ± 3	-0,07 ± 0,04	-65 ± 51	0,0 ± 0,4	-7 ± 4	-0,06 ± 0,04	0,29	
(%) . . . . .	2,9	0,1	0,8	-0,7	-2,9	-5,9	0,3	-6,9	-3,0		
CH × MA . . . . .	10 ± 15	20 ± 38	0,0 ± 0,3	1 ± 3	-0,03 ± 0,04	-21 ± 58	0,0 ± 0,4	-2 ± 5	-0,03 ± 0,05	0,38	
(%) . . . . .	1,4	1,5	0,0	1,1	-1,1	-1,9	0,2	-2,6	-1,4		
MA × LI . . . . .	9 ± 15	9 ± 37	-0,4 ± 0,3	5 ± 3	-0,12 ± 0,04	17 ± 56	-0,3 ± 0,4	3 ± 5	-0,07 ± 0,05	0,31	
(%) . . . . .	1,4	0,7	-3,8	4,3	-5,2	1,5	-2,6	3,3	-3,7		

Voir les notes du tableau 3 ; see note on table 3.

différence entre la *Charolaise* et la *Maine-Anjou* se maintient entre 7 et 9 % en valeur relative pour les poids à 9, 15 et 18 mois. La race *Limousine*, qui marque un retard de poids de 12 % sur la *Charolaise* à 9 et 15 mois, comble en partie cette différence à 18 mois (8 % d'écart). L'avantage de la *Limousine* sur la *Hereford* décroît de 12 à 8 % entre 9 et 15 mois et remonte à 11 % pour le poids à 18 mois.

Les différences de vitesse de croissance correspondent à celles observées pour les poids. Entre 9 et 15 mois, la race *Charolaise* a une croissance supérieure de 155 g/jour à celle de la *Limousine* et inférieure de 108 g/jour à celle de la *Maine-Anjou*. Les écarts de croissance sont pratiquement nuls entre 15 et 18 mois. La croissance de la *Hereford* se maintient à un niveau proche de la *Limousine* entre 9 et 15 mois (- 52 g/jour) mais devient très inférieure après 15 mois (- 232 g/jour).

Le classement des trois races françaises pour la consommation quotidienne correspond à celui donné pour la vitesse de croissance. Entre 9 et 15 mois, les différences de consommation sont plus importantes (13 % entre la *Limousine* et la *Charolaise*, 15 % entre la *Charolaise* et la *Maine-Anjou*) et conduisent, pour l'efficacité alimentaire, à des différences opposées mais plus faibles en valeur relative. Le classement des races est vis-à-vis de l'efficacité alimentaire : *Maine-Anjou*, *Charolaise*, *Limousine*, par ordre croissant. Pour ce dernier critère, la *Charolaise* est plus proche de la *Limousine* (- 2,9 % en valeur relative) que de la *Maine-Anjou* (+ 6,5 %). Exprimées en terme d'appétit (consommation par 100 kg de poids vif), les différences de consommation sont plus faibles mais de même signe. Pour ce critère aussi, la *Charolaise* est plus proche de la *Limousine* que de la *Maine-Anjou*. La *Hereford* a une consommation supérieure à la *Limousine* et un plus grand appétit que les trois races françaises. Cette consommation plus importante conduit à une efficacité alimentaire défavorable de la *Hereford* quoique légèrement supérieure à celle de la *Maine-Anjou*, la moins bonne des races françaises pour ce critère.

Entre 15 et 18 mois, on retrouve entre la *Limousine* et la *Maine-Anjou* un écart de consommation légèrement inférieur à ce qui est observé sur la période précédente (25 % au lieu de 29 % en valeur relative). En revanche, la consommation de la *Charolaise* se rapproche très nettement de la *Limousine* (+ 5 %) et s'écarte notablement de la *Maine-Anjou* (- 20 %). L'appétit de la *Charolaise* est cependant le plus faible des trois races françaises : 1,82-1,89 et 2,00 kg d'aliment pour 100 kg de poids vif respectivement pour les trois races *Charolaise*, *Limousine* et *Maine-Anjou*. La réduction des écarts de vitesse de croissance associée à un maintien des écarts de consommation conduit à une augmentation très importante des différences d'efficacité alimentaire entre les trois races françaises ; l'avantage de la *Limousine* est durant la période 15-18 mois de 9 % sur la *Charolaise* et de 30 % sur la *Maine-Anjou*.

La consommation de la race *Hereford* entre 15 et 18 mois est très voisine de celle de la *Limousine* ; malgré ceci et à cause d'une forte réduction de la vitesse de croissance, son efficacité alimentaire reste faible et très proche de celle de la *Maine-Anjou*.

Sur la durée totale de l'engraissement de 9 à 18 mois, on retrouve des résultats similaires à ceux obtenus entre 9 et 15 mois. La supériorité de la *Maine-Anjou* sur la *Charolaise* est de 8 % pour la vitesse de croissance, de 22 % pour la consommation et de 12 % pour l'appétit. Ces écarts, qui sont plus marqués que ne le laisse espérer la combinaison des résultats obtenus sur les deux périodes, résultent en partie du fait que les taurillons *Maine-Anjou* retenus pour l'abattage à 18 mois avaient en moyenne une consommation et une vitesse de croissance légèrement supérieure à ceux retenus pour



l'abattage à 15 mois. L'écart de 11,6 % observé entre les deux races pour l'efficacité alimentaire est cohérent avec la combinaison des résultats sur les deux périodes élémentaires. La *Limousine* a une consommation et une vitesse de croissance respectivement inférieures de 7,5 et de 6 % à la *Charolaise*. Pour l'efficacité alimentaire, la *Limousine* ne marque qu'un léger avantage de 1 % alors qu'elle avait un avantage de 2,4 et 8 % sur les deux périodes d'engraissement. La race *Hereford* a, sur l'ensemble de l'engraissement, une croissance inférieure de 130 g à la *Limousine*, tout en ayant la même consommation d'aliments. Son efficacité alimentaire est voisine de la *Maine-Anjou*.

## 2. Les effets d'hétérosis

On observe un hétérosis moyen de 3 % en valeur relative pour les poids à 9 et 15 mois. Cet avantage se réduit à 1,9 % pour le poids à 18 mois. Seuls les effets obtenus à 9 et 15 mois sont significatifs. Entre types de croisement, il existe une certaine hétérogénéité des effets d'hétérosis spécifique. Le croisement entre les races *Limousine* et *Charolaise* donne un effet relativement élevé (5 % à 9 ou 15 mois) alors que les valeurs d'hétérosis entre les races *Charolaise* et *Maine-Anjou* ne sont que de 0,8 et 1,4 % respectivement pour les poids à 9 et 15 mois. Le croisement *Maine-Anjou* × *Limousine* est intermédiaire entre ces deux extrêmes. Il est à souligner que ces valeurs d'hétérosis spécifique ne sont pas significativement différentes entre elles.

L'hétérosis sur la vitesse de croissance entre 9 et 15 mois est de 3,3 % mais il n'est significatif qu'au niveau 10 %. Comme on observe aussi un effet d'hétérosis sur la consommation de 1,5 %, l'hétérosis sur l'efficacité alimentaire n'est que de 1,5 %. Ces deux derniers effets ne sont pas significatifs. L'avantage des taurillons croisés pour la consommation est un avantage lié à leur poids vif plus élevé car l'hétérosis sur l'appétit est négatif (- 1,6 %). On observe encore pour la vitesse de croissance et la consommation d'aliments la même variabilité d'hétérosis entre croisements, mais les différences entre effets d'hétérosis spécifique ne sont pas significatives.

Entre 15 et 18 mois, l'hétérosis sur la vitesse de croissance est négatif mais non significatif. Ce désavantage des taurillons croisés s'accompagne d'une réduction de l'efficacité alimentaire (- 2,2 %). L'appétit présente un effet d'hétérosis négatif de - 2,7 %. Cette inversion des effets d'hétérosis entre les deux périodes (9-15 et 15-18 mois) est plus élevée pour les croisés *Charolais* × *Limousins* qui présentaient avant 15 mois l'hétérosis spécifique le plus élevé.

Sur l'ensemble de la période de 9 à 18 mois, les effets d'hétérosis sont relativement faibles et non significatifs : 0,8 % sur la vitesse de croissance et 1,5 % sur l'efficacité alimentaire. Seul l'hétérosis sur l'appétit est significatif mais négatif : - 3,1 %.

## IV. Discussion

Il ressort clairement de nos résultats que pour la vitesse de croissance des taurillons entre 9 et 15 mois, la race *Maine-Anjou* est supérieure à la *Charolaise* de 7 % en valeur relative, elle-même supérieure à la *Limousine* de 11 %. En croisement sur un troupeau laitier (ANDERSEN *et al.*, 1977 ; EVERITT *et al.*, 1980 ; MÉNISSIER *et al.*, 1982 ;

RENAND, 1985) ou sur un troupeau de vaches allaitantes (BASS *et al.*, 1981 ; GREGORY *et al.*, 1982 ; RAHNEFELD *et al.*, 1983) les résultats concernant le poids en fin d'engraissement par jour d'âge se situent entre - 5 et - 10 % pour l'écart entre les races *Limousine* et *Charolaise* avec une moyenne de - 7 %. Notre résultat est donc cohérent avec ce dernier chiffre, bien que plus faible si on admet qu'en croisement on n'obtient que la demi-différence des races pures. Cet écart de croissance reflète aussi les écarts de poids habituellement observés pour les vaches adultes *Charolaises* et *Limousines*.

La supériorité de croissance de la *Maine-Anjou* qui résulte de cette comparaison n'a été observée jusqu'à présent que par BASS *et al.* (1981) dans une expérience de croisement sur mère *Angus* et de façon beaucoup plus faible. Dans deux larges expériences de comparaison de races rapportées par GREGORY *et al.* (1982) et MÉNISSIER *et al.* (1982), les croisés *Charolais* permettent au contraire des croissances après sevrage plus importantes que les *Maine-Anjou*. La supériorité de la *Charolaise* apparaît aussi à travers les poids adultes observés sur le troupeau des mères à Galle (712 kg au lieu de 648 kg d'après VILLAREAL, 1985). Cependant, dans cette situation, les vaches *Maine-Anjou* ont une production laitière beaucoup plus élevée que les *Charolaises* et ne parviennent peut-être pas à exprimer au stade adulte leur potentiel de croissance de façon aussi complète. L'infériorité de croissance des taurillons *Hereford* vis-à-vis des *Charolais*, proche de 14 %, est légèrement inférieure au double de la moyenne de 9 % des écarts obtenus en croisement par CARTER (1975), EVERITT *et al.* (1980), GREGORY *et al.* (1982) ainsi que MÉNISSIER *et al.* (1982). Pour la vitesse de croissance entre 9 et 15 mois, on retrouve donc en grande partie les données bibliographiques déjà publiées. L'avantage de la *Charolaise* est moins marqué dans nos résultats. En revanche, la *Maine-Anjou* apporte un potentiel de croissance supérieur aux deux autres races françaises. Pour la période 15-18 mois, il n'apparaît en revanche aucune différence de croissance entre ces trois races. Il est possible que cette réduction des écarts soit en partie le résultat des conditions de stabulation entravée qui sont plus dommageables aux animaux de grande taille : trois taurillons croisés *Charolais* × *Maine-Anjou* n'ont pas pu terminer l'engraissement jusqu'à 18 mois en raison des problèmes de pattes ou d'aplombs alors qu'aucun problème n'a été rencontré avec ceux de petite taille, les *Limousins* en particulier. Avec un mode d'utilisation complètement différent, des veaux mâles issus du même troupeau maternel (production de bœufs à l'herbe jusqu'à 30 mois avec un engraissement terminal à l'auge de 2 mois), il est intéressant de noter que le potentiel de croissance de la race *Charolaise* est mieux mis en valeur puisque cette race obtient entre le sevrage et l'abattage une vitesse de croissance supérieure de 14,5 % en valeur relative à la *Limousine* et très proche de la *Maine-Anjou* (FREBLING *et al.*, 1982 ; GILLARD *et al.*, 1986).

Entre 9 et 15 mois, les différences d'efficacité alimentaire observées dans cette étude sont plus faibles que celles observées pour la vitesse de croissance. Il est constaté aussi que l'augmentation de la vitesse de croissance est accompagnée d'une détérioration de l'efficacité alimentaire. En revanche, l'efficacité alimentaire augmente lorsque la proportion de tissu adipeux dans le gain de poids diminue : les trois races *Limousine*, *Charolaise* et *Maine-Anjou* ont à 15 mois respectivement 12,0, 12,4 et 14,5 % de gras dans la carcasse (BONAÏTI *et al.*, 1988). La composition joue donc, dans ces conditions d'engraissement et pour cet échantillon de races, un rôle plus important que le niveau de production (besoins d'entretien et de croissance/besoin d'entretien) pour déterminer l'efficacité alimentaire. Entre 15 et 18 mois, les différences de composition de carcasse se sont aggravées puisque les races *Charolaise* et *Maine-Anjou* ont respectivement 13,9 et 17,5 % de gras dans la carcasse en fin d'engraissement alors que la proportion de gras de la *Limousine* reste, comme à 15 mois, égale à 12 % (BONAÏTI *et al.*, 1988). Ces

écarts, qui correspondent à des différences plus importantes encore de la proportion des dépôts adipeux dans le gain de poids entre 15 et 18 mois, se traduisent naturellement par une efficacité alimentaire moindre de la *Charolaise* et surtout de la *Maine-Anjou* vis-à-vis de la *Limousine*. Les écarts d'efficacité alimentaire sont plus importants durant la seconde période d'engraissement d'une part parce que les écarts de composition corporelle sont plus élevés et d'autre part parce que ceux-ci ne sont plus compensés par des écarts de niveau de production. Il faut noter, en revanche, que la *Hereford*, malgré une proportion de gras de carcasse beaucoup plus importante (respectivement 18,1 et 23,7 % à 15 et 18 mois), a une efficacité alimentaire très proche de celle de la *Maine-Anjou*, probablement parce que ses besoins d'entretien sont plus faibles. Cet avantage d'efficacité alimentaire de la race *Charolaise* et surtout de la *Limousine* sur la *Maine-Anjou* et la *Hereford* se distingue des résultats de GREGORY *et al.* (1982), LIBORIUSSEN *et al.* (1982) et de MÉNISSIER *et al.* (1982) qui n'observent pas de différences aussi importantes et classent la *Charolaise* devant la *Limousine*.

L'effet d'hétérosis moyen sur la vitesse de croissance ou sur le poids des taurillons de 9 à 15 mois est faible (environ 3 %). Il est compris dans l'intervalle de 0 à 5 % où se regroupent la plupart des estimations rassemblées par BIBÉ & FOULLEY (1976) ainsi que par LONG (1980) et qui correspondent à des croisements entre les races *Hereford*, *Angus*, *Shorthorn* et *Charolaise*. Cet hétérosis moyen est proche de celui observé sur le poids au sevrage des veaux mâles et femelles du même troupeau expérimental (2,1 % selon QUESNEL, 1980). En revanche, on observe un hétérosis négatif mais non significatif pour la vitesse de croissance au-delà de 15 mois. Cette évolution de l'hétérosis avec l'âge est relativement cohérente avec les résultats rassemblés par LONG (1980) qui montre que l'effet d'hétérosis s'annule lorsque les animaux atteignent le stade adulte. Les conditions intensives d'engraissement propre à cette étude sont favorables à une bonne extériorisation de l'hétérosis selon KLOSTERMAN *et al.* (1968, cités par BIBÉ & FOULLEY, 1976), LASLEY *et al.* (1973), LONG & GREGORY (1975) qui observent un hétérosis plus élevé pour un engraissement intensif comparé à un engraissement semi-intensif. Pour les systèmes de production de viande en France, intensif ou à l'herbe, il est donc peu probable de pouvoir obtenir des effets d'hétérosis plus importants que 3 à 5 % sur la vitesse de croissance.

Les estimations de l'hétérosis sur l'efficacité alimentaire sont moins nombreuses que pour la vitesse de croissance. Nos résultats sont en accord avec BIBÉ & FOULLEY (1976) qui observent que les quelques expériences portant sur ce caractère ne permettent pas d'affirmer qu'il existe un effet d'hétérosis marqué. Cependant ELLERSIEK *et al.* (1977) observent pour l'efficacité alimentaire ajustée pour le poids, un effet d'hétérosis moyen proche de 5 % entre les trois races *Charolaise*, *Angus* et *Hereford*.

Les effets d'hétérosis, qui sont faibles en valeur relative, ne doivent pas être négligés car ils restent importants vis-à-vis des différences entre races pures. Le croisement *Limousine* × *Charolaise* donne ainsi des produits très proches de la race *Charolaise* tant pour les performances entre 9 et 15 mois que pour les poids à 15 et 18 mois.

## V. Conclusion

Nos résultats confirment l'important gradient de croissance entre les races *Hereford*, *Limousine*, *Charolaise* et *Maine-Anjou* (1 210, 1 263, 1 418 et 1 526 g/jour entre 9 et 15 mois). Mais ce gradient s'accompagne d'une forte élévation des quantités ingérées

et on observe pour l'efficacité alimentaire des différences inverses pour les trois races françaises. Entre les trois races, c'est la composition du gain de poids plutôt que le niveau de production qui détermine le classement pour l'efficacité alimentaire. Après 15 mois, on ne relève plus que des différences négligeables pour la vitesse de croissance, mais, en revanche on a, vis-à-vis de l'efficacité alimentaire, un très net avantage des races *Limousine* et *Charolaise* sur la *Maine-Anjou* (106 et 97 g/kg vs 82 g/kg). Malgré une consommation proche de celle de la *Limousine*, la race *Hereford* n'a qu'une efficacité alimentaire proche de celle de la *Maine-Anjou*. Comme dans les croisements entre les races *Hereford*, *Angus* et *Shorthorn*, les effets d'hétérosis sur les caractères de croissance sont de l'ordre de 3 %. Ils peuvent être plus faibles ou même négatifs pour la vitesse de croissance et l'efficacité alimentaire en fin d'engraissement.

Reçu le 11 juin 1987.

Accepté le 13 janvier 1988.

### Références bibliographiques

- ANDERSEN B.B., LIBORIUSSEN T., KOUSGAARD K., 1977. Crossbreeding experiment with beef and dual-purpose sire breeds on Danish dairy cows. 3. Daily gain, feed conversion and carcass quality of intensively fed young bulls. *Livest. Prod. Sci.*, **4**, 19-29.
- BASS J.J., CARTER A.H., JOHNSON D.L., BAKER R.L., JONES K.R., 1981. Sire-breed comparison of carcass composition of steers from *Angus* dams. *J. Agric. Sci.*, **97**, 515-522.
- BIBÉ B., FOULLEY J.L., 1976. Effet d'hétérosis chez les bovins à viande : Résultats bibliographiques. *Bull. Tech. Dép. Génét. Anim., INRA*, **24**, 87-110.
- BONAÏTI B., BIBÉ B., HAVY A., MÉNISSIER F., 1988. Comparaison des races bovines *Charolaise*, *Limousine* et *Maine-Anjou* en race pure et en intercroisement. 3. Performances d'abattage des taurillons purs et F1. *Génét. Sélect. Evol.*, **20** (sous presse).
- CARTER A.H., 1975. Evaluation of cattle breeds for beef production in New Zealand. A review. *Livest. Prod. Sci.*, **2**, 327-340.
- ELLERSIECK M.R., LASLEY J.F., SIBBIT W.R., LANGFORD L.H., 1977. Heterosis in feed efficiency of beef steers. *J. Anim. Sci.*, **45**, 703-707.
- EVERITT G.C., JURY K.E., DALTON D.C., LANGRIDGE M., 1980. Beef production from the dairy herd. 4. Growth and carcass composition of straight-bred and beef-cross *Friesian* steers in several environments. *N. Z. J. Agric. Res.*, **23**, 11-20.
- FREBLING J., BONAÏTI B., BIBÉ B., CHAMBEYRON J.J., GILLARD P., MÉNISSIER F., 1982. Comparisons of fattening and slaughter performances between *Charolais*, *Limousin*, *Maine-Anjou* and *Hereford* breeds according to various production types. In : *2<sup>nd</sup> World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Madrid, 4-8 Oct., 1982*, **8**, 334-339, Editorial Garsi, Madrid.
- GILLARD P., LÉCONTE D., CHAMBEYRON J.J., FREBLING J., 1986. Production de bœufs de différents types génétiques finis à l'âge à 30 mois (bilan de 7 années). *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA*, **65**, 31-39.
- GREGORY K.E., CUNDIFF L.V., KOCH R.M., 1982. Comparison in crossbreeding systems and breeding stocks used in suckling herds of continental and temperate areas. In : *2<sup>nd</sup> World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Madrid, 4-8 Oct., 1982*, **5**, 482-503, Editorial Garsi, Madrid.
- LASLEY J.F., SIBBIT B., LAWGFORD L., COMFORT J.E., DYER A.J., KRAUSE G.F., HEDRICK H.B., 1973. Growth traits in straightbred and reciprocally crossed *Angus*, *Hereford* and *Charolais* steers. *J. Anim. Sci.*, **36**, 1044-1050.
- LIBORIUSSEN T., LAURITZEN F., ANDERSEN B.B., BUCHTER L., SORENSSEN S.E., KLAstrup S., KOUSGAARD K., 1982. Krydsnings-og produktionsforsøg med europæiske kodracers I og II (en Danois). *Beret. fra Statens Husdyrbrugsfors.*, *527*, 65 p.

- LONG C.R., 1980. Crossbreeding for beef production : experimental results. *J. Anim. Sci.*, **51**, 1197-1223.
- LONG C.R., GREGORY K.E., 1975. Heterosis and management effects in postweaning growth of *Angus*, *Hereford* and reciprocal cross cattle. *J. Anim. Sci.*, **41**, 1563-1571.
- MÉNISSIER F., SAPA J., FOULLEY J.L., FREBLING J., BONAÏTI B., 1982. Comparison of different sire breeds crossed with Friesian cows : preliminary results. *Curr. Top. Vet. Med. Anim. Sci.*, **21**, 94-136.
- MÉNISSIER F., BIBÉ B., PERREAU B., VISSAC B., 1988. Comparaison des races bovines *Charolaise*, *Limousine* et *Maine-Anjou* en race pure et en intercroisement. 1. Objectif et dispositif expérimental. *Génét. Sél. Evol.*, **20**, 321-342.
- QUESNEL F., 1980. Analyse de la vitesse de croissance avant sevrage chez les vaches allaitantes. *Mémoire Inst. Nat. Agronom. Paris-Grignon*, 66 p.
- RAHNEFELD G.W., FREDEEN H.T., WEISS G.M., LAWSON J.E., NEWMAN J.A., 1983. Breed of terminal sire effects on carcass characteristics of three-way cross beef cattle reared at two locations. *Can. J. Anim. Sci.*, **63**, 523-549.
- RENAND G., 1985. Genetic parameters of French beef breeds used in crossbreeding for young bull production. 1. Live performance. *Génét. Sél. Evol.*, **17**, 153-170.
- VILLAREAL E.L., 1985. *Etude comparée des paramètres de la courbe de croissance de quatre races bovines à viande appartenant à des types biologiques différents*. 150 p., Thèse d'Université, Université Paris-Sud.