

HYPOTHÈSE GÉNÉTIQUE UNIQUE POUR EXPLIQUER LA PRÉSENCE D'INTERSEXUÉS, DE MÂLES EN EXCÈS ET DE MÂLES STÉRILES EN RACE CAPRINE SAANEN.

G. RICORDEAU, J.-J. LAUVERGNE

avec la collaboration de J. BOUILLON, Directeur de la Station de Testage
caprin de Moissac (Lozère) et de A. LAJOUS, technicien I. N. R. A.

*Station centrale de Génétique animale,
Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas
Institut national de la Recherche agronomique*

SOMMAIRE

Nous avons tout d'abord vérifié à nouveau qu'en race *Saanen* l'absence de cornes était due à un gène autosomal dominant et qu'il existait une différence de fécondité en faveur des chèvres mottes Pp par rapport aux homozygotes pp . Nous avons également décelé chez les mâles une influence nette mais non significative du génotype sur la taille des portées engendrées, les boucs PP semblant présenter un avantage sur les boucs Pp .

Pour expliquer à la fois l'apparition de mâles stériles et d'intersexués et le décalage du rapport des sexes dans les croisements entre géniteurs sans cornes, nous proposons une hypothèse unique selon laquelle les femelles PP sont masculinisées d'une manière plus ou moins complète pour donner soit des intersexués, soit des animaux stériles d'apparence mâle classés parmi les boucs. Ainsi le gène autosomal motte aurait, outre son effet dominant à pénétrance complète dans les deux sexes pour l'absence de cornes, un effet récessif de masculinisation limité au sexe femelle. Des données recueillies pendant trois années dans la zone du Syndicat caprin de Sainte-Croix-Vallée-Française et des résultats de testage de la stérilité des mâles permettent une vérification statistique de cette hypothèse. Un examen caryologique reste nécessaire pour conclure définitivement en précisant le sexe génétique des mâles stériles.

INTRODUCTION

La question de l'intersexualité associée à l'absence de cornes domine la génétique de l'espèce caprine dans les pays occidentaux depuis plus d'un quart de siècle. Les recherches nombreuses qui ont été effectuées se rapportent toutes au caractère

motte ⁽¹⁾ originaire des Alpes, semble-t-il, qui a diffusé un peu partout dans le monde avec la vogue des chèvres suisses. Après avoir étudié indépendamment l'hérédité du cornage, puis celle de l'intersexualité, les auteurs ont admis qu'il existait une liaison génétique entre les deux caractères. Une première hypothèse simple ne s'étant pas révélée suffisante, il a fallu chercher d'autres explications aux écarts systématiques dans le rapport des sexes. Voyons successivement plus en détail ces différentes étapes.

Les travaux de ASDELL et CREW (1925), LUSH (1926), ASDELL et BUCHANAN-SMITH (1928), montrent tout d'abord que le caractère d'absence de cornes est commandé par un gène dominant autosomal.

L'intersexualité, présente dans les races d'origine alpine et décrite depuis longtemps, reçoit un début d'interprétation génétique avec FUNKQUIST (1932), puis avec EATON et SIMMONS (1939). Ces derniers auteurs concluent provisoirement que l'anomalie est due à un gène autosomal récessif. Cependant, on avait déjà observé que l'intersexualité existait dans les souches où l'on sélectionnait contre la présence de cornes et, mieux encore, qu'elle se manifestait uniquement sur des animaux mottes, à quelques rares exceptions près. En Grande-Bretagne et aux États-Unis, à partir de 1941, l'idée d'une liaison entre le déterminisme génétique des deux phénomènes s'est faite jour peu à peu. En 1944, ASDELL présente l'hypothèse selon laquelle l'intersexualité est due à un gène récessif situé très près du gène dominant pour le caractère motte et dont l'action est limitée au sexe femelle. Cette dernière clause semble expliquer le déséquilibre du rapport des sexes en faveur des mâles. EATON (1945) pense avoir vérifié la nouvelle hypothèse à partir des données provenant des chèvres *Saanen* et *Toggenbourg* de Beltsville.

Par la suite, comme l'avait suggéré LUSH à ASDELL (ASDELL, 1946), l'hypothèse de deux gènes très proches sur le même chromosome a été abandonnée en faveur de l'hypothèse d'un gène unique à effet pléiotropique, dominant pour l'absence de cornes dans les deux sexes, récessif pour l'intersexualité dans le sexe femelle uniquement. Des preuves cytologiques ont été fournies ultérieurement montrant que le sexe génétique des animaux intersexués était bien femelle (NES, ANDERSEN et SLAGSVOLD, 1963; BASRUR et COUBROUGH, 1964; de GROUCHY, LAUVERGNE et RICORDEAU, 1965).

Cette dernière hypothèse n'est cependant pas entièrement satisfaisante comme le montre BUECHI (1957) dans les races mottes suisses, puisque, même en ajoutant les intersexués aux femelles, le taux de masculinité reste supérieur à la normale. Selon cet auteur, le déséquilibre persistant du rapport des sexes en faveur des mâles serait dû à une plus grande mortalité des embryons femelles mottes au cours des premiers stades de la gestation.

Les chercheurs israéliens, à partir de LAOR et *al.* (1962) vont apporter une contribution précieuse à l'étude de ce problème en associant aux cas des intersexués celui des mâles stériles, phénomène connu depuis longtemps, mais qui avait été abordé séparément et presque uniquement par des auteurs allemands (cf. revue de SCHÖNHERR, 1956 et LÖHLE et BARFUSS 1961, par exemple). SOLLER et *al.* (1963) pensent que, si les femelles mottes homozygotes sont transformées en intersexués, la stérilité peut également affecter certains mâles homozygotes mottes avec, dans ce cas, une pénétrance incomplète. Comme cette théorie n'explique pas toutes les ano-

(1) Sans cornes.

malies observées et que la proportion de « femelles génétiques » (nombre de femelles et d'intersexués pour 100 mâles) qui varie avec le type d'accouplement, semble augmenter avec l'importance de la portée, SOLLER et ANGEL (1964) invoquent un « effet récessif du gène motte sur le rapport des sexes ». D'après ces deux auteurs, les variations observées dans la proportion de « femelles génétiques » peuvent être, en outre, attribuées soit à une disparition précoce d'embryons femelles mottes (hypothèse déjà formulée par BUECHI, 1957), soit à une masculinisation totale en apparence de certaines femelles génétiques homozygotes mottes.

L'hypothèse d'une élimination précoce des embryons femelles mottes n'est guère soutenable : en effet, les chèvres mottes hétérozygotes se révèlent, en fin de compte, plus fécondes que les chèvres cornues de même origine (SOLLER et KEMPE-NICH, 1964) bien qu'elles donnent, en moyenne, plus de descendants sans cornes. Quant à l'hypothèse d'une action récessive du gène sur le rapport des sexes, nous pensons qu'elle s'efface devant l'hypothèse unique selon laquelle toutes les femelles PP sont masculinisées soit en intersexués, soit en mâles stériles. Cette hypothèse unique repose sur le fait que, l'expressivité du phénomène d'inversion du sexe étant extrêmement variable (EATON, 1943; KONDO, 1949), on peut très bien concevoir que certaines femelles, masculinisées très tôt dans la vie embryonnaire, parviennent à un stade de ressemblance parfaite avec les mâles, tout en demeurant, bien entendu, incapables de produire des gamètes fertiles.

Pour vérifier cette hypothèse nous avons utilisé les données enregistrées en Lozère pendant trois campagnes. Ces données nous permettent, au passage, de vérifier le déterminisme héréditaire du cornage et de préciser l'influence des différents génotypes sur le taux de fécondité.

I. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les données ont été recueillies dans la zone du Syndicat caprin de Sainte-Croix-Vallée-Française (Lozère). La population caprine y est composée d'animaux issus d'accouplements de chèvres de pays avec des boucs *Saanen* originaires de Sarre, dont l'introduction remonte à 1958.

Depuis cette date, un contrôle des performances a été mis en place, qui permet d'enregistrer systématiquement les ascendances, les mises bas et les performances laitières. Ces trois dernières années on a, en plus, noté le cornage et l'intersexualité. Les données utilisables concernent 1 732 mises bas et 3 007 produits.

Quant au cornage, on a éliminé les renseignements douteux par suite d'enregistrements incomplets et de mortalité natale ou péri-natale ; on s'est attaché, en outre, à le vérifier à plusieurs stades. En effet, les cornes apparaissent plus ou moins tardivement après la naissance et les enregistrements effectués dès la mise bas risquent de sous-estimer la fréquence des animaux cornus. Nous avons pu constater notamment que la présence d'un épi sur chaque bourgeon corné indique presque sûrement la présence ultérieure de cornes (RICORDEAU et al, 1968).

De 1965 à 1967, 73 boucs ont été utilisés : 10 cornus et 63 mottes. Ayant examiné suffisamment de descendants de boucs mottes, on a pu déterminer individuellement leur génotype : 10, n'ayant donné aucun descendant cornu, doivent être considérés comme homozygotes sans cornes (PP), les 53 autres étant hétérozygotes *Pp* (parmi ceux-ci, l'un portait des cornillons).

Les auteurs précédents ont appelé P (de l'anglais *polled*) le gène pour l'absence de cornes. Cette appellation est impropre, car P désigne déjà chez les rongeurs le locus « *pink eyed* ». La terminologie des loci de la chèvre étant inexistante, nous conserverons cependant cette nomenclature, en désignant par [P] le phénotype sans cornes. Pour les types d'accouplements, nous utiliserons la classification adoptée par LAOR et al. (1962).

Quant à la fécondité, on a tenu compte de toutes les naissances. Le taux de fécondité est exprimé par le nombre de produits obtenus pour 100 mères qui ont mis bas.

II. -- VÉRIFICATION DE L'HYPOTHÈSE DE DOMINANCE AUTOSOMALE DE L'ABSENCE DE CORNES

Les résultats concernant la vérification de cette hypothèse sont contenus dans le tableau 1.

On suppose tout d'abord que tous les boucs cornus sont homozygotes pp : accouplés à des femelles cornues, également pp (type d'accouplement n° 6), ils ne doivent donner que des descendants cornus, c'est en effet ce que l'on observe.

Les boucs mottes qui n'ont jamais donné de produits cornus sont classés comme homozygotes PP , on les retrouve dans les accouplements 1 et 4.

Les fréquences des descendants cornus dans les types d'accouplements 2 et 3 ne sont pas significativement différentes respectivement de 25 et 50 p. 100. La fréquence du gène P étant très voisine de 0,5, cela signifie que presque toutes, sinon toutes les chèvres sans cornes fertiles sont hétérozygotes.

Pour les accouplements 3 et 5 (l'un des parents est cornu, et l'autre motte hétérozygote), la proportion des descendants cornus est presque égale au pourcentage théorique espéré (50,4 p. 100), mais le type 3 (père cornu \times mère motte) donne plus de produits cornus que le type 5 (père motte \times mère cornue) ; les écarts ne sont cependant pas significatifs.

Ainsi, le déterminisme monofactoriel autosomal dominant du facteur pour l'absence de cornes peut-il être considéré comme vérifié.

III. — ACTION DU GÉNOTYPE DE LA MÈRE ET DU GÉNOTYPE DU PÈRE SUR LA FÉCONDITÉ

Comme, probablement, toutes les femelles mottes sont hétérozygotes (Pp), il est facile de comparer la fécondité des femelles de ce génotype (toutes celles qui sont classées dans les accouplements de type 1, 2 et 3) à celles de génotype homozygote récessif pp . Les résultats moyens résumés dans le tableau 2 montrent que les femelles mottes ont un taux de fécondité supérieur à celui des femelles cornues, ce qui confirme les observations de SOLLER et KEMPENICH (1964).

Il semble aussi exister une influence du génotype du mâle sur la fécondité (1). En effet, si l'on compare les accouplements de type 1 et 3, et ceux du type 4 et 6, dans lesquels les femelles sont de même génotype, on constate que le taux de fécondité des mâles PP est supérieur à celui des mâles pp , alors que les taux de fécondité des accouplements réciproques 3 et 5 sont tout à fait comparables (tabl. 2). Il s'agit là, en fait, de résultats bruts qui ne tiennent pas compte des différences annuelles, de l'âge des chèvres et de l'influence du « niveau d'élevage ». Toutefois, même si les écarts observés

(1) Il est intéressant de noter à ce sujet les différences observées dans les caractéristiques des éjaculats de boucs appartenant aux 3 races françaises (CORTEEL, 1966).

TABLEAU I
 Test de l'hypothèse de monofactorialité dominante du caractère absence de cornes

N°	Types d'accouplements		Descendants										Cornus			χ^2	
	Père	Mère	Cornus					Mottées					Total	observé p. 100	théorique p. 100		
			♂ ♂	♀ ♀	♂ ♀	♂ ♂	♀ ♀	♂ ♀	♀ ♀	♂ ♂	♀ ♀	♂ ♀					observé
1	Pp	[P]	0	0	0	0	251	87	28	366	366,0	366	366,0	0	0	0	0
2	Pp	[P]	74	71	0	145	274	202	34	510	463,7	510	491,2	22,4	25,0	2,0 NS	
3	pp	[P]	59	74	0	133	54	49	0	100	116,5	100	116,5	57,4	50,0	2,3 NS	
4	Pp	pp	0	0	0	0	81	81	2	164	164,0	164	164,0	0	0	0	
5	Pp	pp	60	53	0	113	76	63	3	142	127,5	142	127,5	44,3	50,0	4,6 NS	
6	pp	pp	32	32	0	64	0	0	0	0	64,0	0	0	100,0	100,0	0	
	3 et 5		119	127		246	127	112		242		488		50,4	50,0	0	

TABLEAU 2

Taux de fécondité comparés des femelles Pp et pp et des mâles PP et pp

Types d'accouplements			Nombre de		Taux de fécondité p. 100
N°	Père	Mère	mises-bas	chevreaux nés	
1	PP	[P]	249	404	184,5
2	Pp	[P]	789	1 366	173,1
3	pp	[P]	234	405	173,1
4	PP	pp	100	178	178,0
5	Pp	pp	299	518	173,2
6	pp	pp	91	136	149,5
Total			1 732	3 007	173,6

Différences pondérées du taux de fécondité entre femelles mottes et cornues :

types 1, 2, 3 avec 4, 5, 6	= + 5,4 p. 100
— entre mâles PP et pp { type 1 avec 3	= + 11,4 p. 100
{ type 4 avec 6	= + 28,5 p. 100

ne sont pas significatifs, ils suggèrent d'entreprendre une étude plus précise de la fertilité des mâles, en saillie naturelle et surtout dans les conditions de l'insémination artificielle, comme cela a été fait par PETITJEAN et COCHEZ (1966) sur des coqs de race *Wyandotte* classés suivant le génotype conditionnant la forme de la crête.

IV. — EXAMEN DE L'HYPOTHÈSE SELON LAQUELLE TOUTES LES FEMELLES HOMOZYGOTES POUR L'ABSENCE DE CORNES SONT TRANSFORMÉES EN INTERSEXUÉS OU EN MÂLES STÉRILES

Nous voyons, tout d'abord, que tous les intersexués sont mottes. Ils n'apparaissent, à quelques exceptions près, que dans les croisements où nous les attendons : ceux où les deux parents sont de phénotypes sans cornes (tabl. 3). Les exceptions observées dans les croisements 4 et 5 (0,5 p. 100 du total des naissances), peuvent s'expliquer par des erreurs d'ascendance ou par des anomalies chromosomiques (PADEH et *al.*, 1965).

La vérification de notre hypothèse repose sur les faits suivants.

1. Statistiquement, toutes les femelles fertiles mottes peuvent être considérées comme hétérozygotes, ce qui permet de déduire que les femelles PP sont impropres à la reproduction (cf. résultat énoncé plus haut à partir du tabl. 1).

2. Dans les accouplements de type 1 et 2, la proportion de femelles mottes correspond uniquement à celle des femelles Pp attendues (tabl. 3).

3. Si toutes les femelles PP sont stériles, les mâles PP, par contre, semblent se reproduire normalement. En effet, sur 11 fils du bouc 59002 (cf. tabl. 4) nés de

TABEAU 3

Test de certaines répartitions afin de montrer que les femelles homozygotes sans cornes PP sont transformées soit en intersexués, soit en animaux d'apparence mâle

Types d'accouplements		Nombre de mises bas	♂ ♂		♀ ♀		♂ ♂		Total	En p. 100		χ ² à 2 et 1 d.l.
N°	Père		Mère	observé	théor.	observé	théor.	observé		théor.	♂ ♂	
1	PP	[P]	271	202,0	97	404,0	36	101,0	404	67,1	24,0	65,6 TS
2	Pp	[P]	762	683,0	545	512,2	59	170,8	1 366	55,8	39,9	84,4 TS
3	pp	[P]	211	202,5	194	202,5	0	0	405	52,1	47,9	0,7
4	PP	pp	88	88,0	88	88,0	2 (*)	0	178	49,4	49,4	0
5	Pp	pp	272	257,0	242	257,0	4 (*)	0	518	52,5	46,7	1,7
6	pp	pp	73	68,0	63	68,0	0	0	136	53,7	46,3	0,7
Total général			1 677		1 229		101		3 007	55,8	40,8	3,4
1 et 2			1 033	885	642	613,2	95	271,8	1 770	58,4	36,3	5,3
χ ² à 2 d. l.			65,4 TS		3,6		139,4 TS					
3, 4, 5 et 6			644	618,5	587	618,5	6	0	1 237	52,1	47,4	0,5
χ ² à 4 d. l.			3,2		3,2							

Les répartitions testées sont de : 50 p. 100 de mâles, 25 p. 100 de femelles et 25 p. 100 d'intersexués pour les descendants mottes du type d'accouplement 1 ; de 50 p. 100 de mâles, 37,5 p. 100 de femelles et 12,5 p. 100 d'intersexués pour les descendants des accouplements de type 2. Dans les autres cas, on a testé l'égalité répartition des mâles et des femelles.

(*) Sur ces 6 animaux, 4 étaient normaux à la naissance (2 mâles et 2 femelles). Ils ont été inscrits comme anormaux à 1 mois, mais le type exact d'anomalie n'a pas été relevé.

mères mottes et ayant fécondé normalement pendant au moins une saison, 4 ont été testés homozygotes PP avec, respectivement 19, 30, 52 et 66 produits. Compte tenu de la dimension de l'échantillon, la proportion observée est peu différente de la proportion théorique (50 p. 100).

4. On observe les intersexués dans les deux seuls types d'accouplements susceptibles de fournir des homozygotes PP : les accouplements 1 et 2. Ils sont inférieurs en nombre aux femelles PP attendues (tabl. 3).

5. Dans les accouplements 1 et 2, la proportion de mâles est significativement supérieure à 50 p. 100 et on observe un certain nombre de mâles stériles ou cryptorchides. La fréquence de ces derniers a pu être évaluée parmi 23 descendants des accouplements de type 1 (tabl. 4 a et b) ; elle est de 26,1 p. 100, alors que la proportion de mâles en excès est de 21,9 p. 100. La proportion des mâles stériles ou cryptorchides correspond donc à celle des mâles en excès. Si on l'ajoute à celle des intersexués, on retrouve exactement le pourcentage de femelles PP attendues.

TABLEAU 4

*Examen de la descendance de 3 boucs PP**a) Rapport des sexes sur 3 années consécutives*

Bouc	Année de contrôle	Mère des produits	♂♂ p. 100	♀♀ p. 100	♀♀ p. 100	Total
60002	1964	mottes	52,6 (20)	26,3 (10)	21,1 (8)	38
65003	1966 et 67	mottes	68,0 (51)	24,0 (18)	8,0 (6)	75
		cornues	51,6 (16)	48,4 (15)	—	31
59002 (1)	1964	mottes	64,4 (29)	28,9 (13)	6,7 (3)	45
	1965		62,3 (48)	28,6 (22)	9,1 (7)	77
	1966		70,6 (12)	29,4 (5)	0	17
			64,0	28,8	7,2	139
	1965	cornues	52,6 (10)	47,4 (9)	0	19
	1966		47,0 (16)	53,0 (18)	0	34
	49,1		50,9	0	53	

b) *Examen des produits nés en 1964 du bouc 59002 (PP) : 45 produits, issus des 25 chèvres mottes, élevés pendant un an.*

		%
Femelles	{ 12 fécondes	26,7
	{ 1 probablement stérile	8,9
	{ 3 intersexués à la naissance	
Mâles	{ 17 fertiles.....	37,8
	{ 6 éliminés pour raisons diverses	13,3
	{ 3 apparemment normaux mais stériles	13,3
	{ 3 présentant une régression des testicules à 4 mois	

(1) Ce bouc est également homozygote blanc.

En reprenant maintenant les données d'auteurs qui ont classé les accouplements selon le génotype des parents (EATON, 1945 ; HAUGEN, 1960 ; SOLLER et ANGEL, 1964 ; tabl. 5) on observe une constance dans la fréquence des femelles mottes issues des croisements de type 1 et 2, alors qu'au contraire, la fréquence des intersexués est fort variable.

TABLEAU 5

Résultats antérieurs concernant les accouplements de type 1 et 2

Types d'accouplements		Total produits	En p. 100				Auteurs	
N°	Père × Mère		♂ ♂	♀ ♀		♀ ♂		
				observé	théorique	observé		théorique
1	PP × [P]	50	48,0	28,0	25,0	24,0	25,0	EATON (1945) SOLLER et ANGEL (1964) présente étude
		140	61,4	20,0	25,0	18,6	25,0	
		404	67,1	24,0	25,0	8,9	25,0	
2	Pp × [P]	676	51,8	38,3	37,5	9,9	12,5	EATON (1945) HAUGEN (1960) SOLLER et ANGEL (1964) présente étude
		2 094	54,4	38,9	37,5	6,7	12,5	
		648	52,2	39,9	37,5	7,9	12,5	
		1 366	55,8	39,9	37,5	4,3	12,5	

Le taux constant auquel se fixe la proportion des femelles mottes indique que très peu de femelles PP échappent à un début de masculinisation et sont confondues avec les hétérozygotes. On a pu, cependant, observer quelques rares cas de femelles apparemment normales à la naissance qui se masculinisent vers l'âge de 4 à 5 mois, avec renflement de la partie inférieure des lèvres de la vulve (bulbe rejeté en arrière) et apparition d'une barbiche. En outre, toutes les chevrettes soumises à la reproduction ne sont pas fécondes.

Les écarts dans les fréquences d'intersexués observés par les différents auteurs peuvent être dus à l'expressivité changeante de la masculinisation et à la difficulté de déceler certaines anomalies à la naissance. La proportion des intersexués sera d'autant plus élevée que les auteurs auront eu la possibilité de suivre tous les animaux jusqu'à un âge plus avancé. Ainsi, en élevant des jeunes mâles mottes issus de parents mottes, on observe deux catégories d'animaux : les premiers ont des testicules qui régressent vers 4-5 mois, les seconds sont apparemment normaux mais restent stériles. Cette observation, déjà signalée dans le tableau 4 b, a été vérifiée en 1966 et 1967 dans la descendance de 21 pères différents (sur 42 mâles mottes on a trouvé 5 cas de régression des testicules et 4 cas de stérilité). Lorsque les enregistrements sont faits en ferme, les statistiques concernant les anomalies sont forcément établies par défaut, car presque tous les mâles sont vendus à la boucherie à 2 ou 3 semaines. Les enregistrements sont également incomplets lorsqu'on se contente de contrôler la fertilité des boucs apparemment normaux, puisque les cryptorchides ont été éliminés au préalable. Pour détecter tous les mâles anormaux, le moyen le plus sûr serait donc

d'établir systématiquement le caryotype des produits mâles issus des accouplements 1 et 2, ce qui porterait en même temps une vérification définitive de notre hypothèse.

A l'appui de celle-ci nous avons uniquement considéré les accouplements 1 et 2, seuls susceptibles de produire des femelles PP. On a vérifié, en outre, que les accouplements 3 à 6 (tabl. 3) donnent un rapport des sexes non significativement différent de 1 : 1.

CONCLUSION

Sous réserve de certaines vérifications, notre hypothèse explique aussi bien nos données d'observation, que celles d'autres auteurs. Les Israéliens qui ont récemment beaucoup fait progresser cette recherche n'ont cependant pas abouti à une explication simple. Ils ont eu conscience des liaisons existant entre l'apparition de mâles stériles et d'intersexués, mais ils ont considéré le décalage du rapport des sexes comme une anomalie particulière, alors que ce décalage s'explique simplement par l'expressivité variable du phénomène de masculinisation des femelles PP.

Du point de vue pratique, l'existence d'un tel gène d'absence de cornes associé à la masculinisation de certaines femelles dans une population caprine réduit considérablement la proportion des reproductrices possibles. En effet, les types 1 et 2 qui, en Lozère, représentent plus de la moitié des accouplements (61 p. 100 en 1964-65, 54 p. 100 en 1966) entraînent finalement un déficit de 17 à 18 femelles pour 100 mises bas. Pour l'ensemble de la population c'est une perte égale à 18 p. 100 de l'effectif total théorique des femelles.

Dans les autres races françaises (*Alpine chamoisée* et *Poitevine*) on trouve également des intersexués et des mâles stériles, ce qui laisse à penser qu'il s'agit du même facteur qui aurait migré. Comme la sélection en faveur des animaux mottes est différente suivant la race et suivant le sexe, les effets du gène d'intersexualité sont variables et pas toujours spectaculaires du fait de l'effectif réduit des troupeaux et du nombre important des produits réformés 2 à 4 semaines après la naissance (presque tous les mâles et deux tiers environ des femelles). Nous aborderons dans un autre article l'étude de l'équilibre de la fréquence génique du caractère « sans cornes » en fonction de la sélection pratiquée. De toute façon, il semble absurde de continuer une politique d'élevage qui favorise les animaux « mottes ». Cette politique entraîne des réformes supplémentaires, limite les accouplements et, finalement, masque l'objectif essentiel de la sélection, à savoir l'amélioration génétique des performances laitières.

Reçu pour publication en novembre 1967.

SUMMARY

A SINGLE GENETIC HYPOTHESIS TO ACCOUNT FOR THE PRESENCE OF INTERSEXUAL ANIMALS, OF MALES IN EXCESS AND INFERTILE MALES IN « SAANEN » GOATS

In *alpine* breeds of goats, the polled character is linked with a form of hermaphroditism. In the previous literature, one autosomal gene was said to be responsible for the two phenomena : for polledness, it would have a dominant action with complete penetrance in both sexes ; for hermaphroditism, a recessive action limited to female goats. This explanation does not account for two others

phenomena very often noticed in herds mated with polled sires, i. e. abnormal sex ratio, the female class being deficient, and male sterility. SOLLER *et al.* (1963) thought that infertile male goats are sometimes PP homozygotes. To account for the abnormal sex ratio, the Israeli authors (SOLLER and ANGEL, 1964) were led to 3 hypotheses: that there was a direct recessive action of the intersexual gene on the sex ratio; that there was a greater fetal lethality of polled females; and lastly, that some homozygous PP females became thorough male animals.

We are inclined to the view that the only latter hypothesis can account for the presence of intersexual animals, the greater number of males, and the presence of infertile male goats, with the only supposition that there is a complete penetrance of the P gene in homozygous genetical females.

This hypothesis was statistically confirmed (see table 3) with the evidence that in matings of the 1st type ♂♂ PP × ♀♀ Pp and the second type ♂♂ Pp × ♀♀ Pp the expected number of females was reached — viz 24.0 and 39.9 per cent versus 25.0 and 37.5 per cent for the 1st and 2nd types respectively. There was a deficiency of intersexual animals — 8.9 and 4.3 per cent versus 25.0 and 12.5 per cent — and an increase in males — 67.1 and 55.8 versus 50.0 per cent. Moreover, an investigation on the male offspring of a homozygous PP sire showed that the number of sterile males does equal the number of males in excess, 26.1 versus 21.9 per cent (see table 4). To check completely the hypothesis, it is still necessary to demonstrate that both sterile males and intersexual animals have definite female xx karyotypes.

Therefore, our findings confirm that polledness is induced by a dominant simple gene (table 1) and that the heterozygous Pp females had a slight advantage on pp females as regards fertility (table 2). We also find differences in fertility between males (PP versus Pp, table 2) though not significant. More precise investigations on male fertility are required, in field service and above all in artificial insemination.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASDELL S. A., 1944. The genetic sex of intersexual goats and a probable linkage with the gene for hornlessness. *Science, N. Y.*, **99**, 124.
- ASDELL S. A., 1946. Goat research in 1944-45. *Yb. Br. Goat Soc.*, 29-30.
- ASDELL S. A., BUCHANAN-SMITH A. D., 1928. Inheritance of color, beard, tassel and horns in the goat. *J. Hered.*, **19**, 425-430.
- ASDELL S. A., CREW F. A. E., 1925. The inheritance of horn in the goat. *J. Genet.*, **15**, 367-374.
- BASRUR P. K., COUBROUGH R. I., 1964. Anatomical and cytological sex of a Saanen goat. *Cytogenetics*, **3**, 414-427.
- BUECHI H. F., 1957. Untersuchungen über das verschobene Geschlechtsverhältnis die Intersexualität und die Fruchtbarkeit bei der Milchziege. *Z. Tierzücht. ZüchtBiol.*, **69**, 30-90.
- CORTEEL J. M., 1966. Reproduction et insémination artificielle dans l'espèce caprine. *Bull. tech. Inf. Ingrs Servs Agric.*, (210), 463-471.
- EATON O. N., 1943. An anatomical study of hermaphroditism in goats. *Amer. J. vet. Res.*, **4**, 333-343.
- EATON O. N., 1945. The relation between polled and hermaphroditic characters in dairy goat. *Genetics*, Princeton, **30**, 51-61.
- EATON O. N., SIMMONS V. L., 1939. Hermaphroditism in milk goats. *J. Hered.* **30**, 261-266.
- FUNKQUIST H., 1932. Über Vererbung von Hypospadie bei Ziegen. *Biologia Gener.*, **8**, 59-64.
- GROUCHY J. de, LAUVERGNE J.-J., RICORDEAU G., 1965. Études cytogénétiques chez 16 chèvres intersexuées. *C. r. hebdl. Séanc. Acad. Sci.*, Paris, **260**, 2932-2935.
- HAUGEN E., 1960. Hermaphroditisme chez la chèvre. *Meld. Norg. LandbrHöisk.* **39** (10), 1-33 (en norvégien).
- KONDO K., 1949. Genetic studies on the intersex in milk goat. I. An anatomical study of intersexual goats. *Jap. J. Zootech. Sci.*, **19**, 1-4.
- LAOR M., BARNEA R., ANGEL H., SOLLER M., 1962. Polledness and hermaphroditism in Saanen goats. *Israel J. Agric. Res.*, **12**, 83-88.
- LÖHLE K., BARFUSS E., 1961. Untersuchungen über Körpergewichte und Körpermasse bei fruchtbaren und unfruchtbaren Ziegenböcken. *Arch. Geflügelz. Kleintierk.*, **10**, 121-128.
- LUSH J. L., 1926. Inheritance of horns, wattles, and color in grade Toggenburg goats. *J. Hered.*, **17**, 73-91.
- NES N., ANDERSEN K., SLAGSVOLD P., 1963. Examen chromosomique de chèvres hermaphrodites. *Medlemsbl. Norske Veterinaerfor.*, **7**, 155-166 (en norvégien).
- PADEH B., WYSOKI M., AYALON N., SOLLER M., 1965. An xx/xy hermaphrodite in the goat. *Israel J. med. Sci.*, **1**, 1008-1012.
- PETITJEAN M. J., COCHEZ L. P., 1966. A propos de la subfertilité de coqs homozygotes pour le gène « R » (crête rosacée). *13th Wld's Poul. Congr.*, 125-130.

RICORDEAU G., 1968. (En préparation).

SCHÖNHERR S., 1956. Die Unfruchtbarkeit der Ziegenböcke, ihre Verbreitung, frühzeitige Erkennung und Bekämpfung. *Z. Tierzücht. ZüchtBiol.*, **66**, 209-234, 381-415.

SOLLER M., ANGEL H., 1964. Polledness and abnormal sex ratio in *Saanen* goats. *J. Hered.* **55**, 139-142

SOLLER M., KEMPENICH O., 1964. Polledness and litter size in *Saanen* goats. *J. Hered.* **55**, 301-304.

SOLLER M., LAOR M., BARNEA R., WEISS Y., AYALON N., 1963. Polledness and infertility in male *Saanen* goats. *J. Hered.*, **54**, 237-240.