Indice de primarité et différenciation génétique des populations caprines de la steppe (Arabia) et du désert (Mekatia) d'Algérie

E Khemici, A Lounis, M Mamou, M Sebâa-Abdelkader, A Takoucht

Université de Blida, Institut d'agronomie, BP 270, 09000 Blida, Algérie

(Reçu le 9 septembre 1994; accepté le 25 août 1995)

Résumé – Le degré d'appartenance des 2 populations ou races caprines algériennes Arabia (steppe) et Mekatia (oasis du désert) à la catégorie population primaire (initialement population traditionnelle), taxon entre espèce sauvage et race standardisée) est mesuré par l'emploi de 2 indices récemment introduits : l'*indice de primarité loci en ségrégation* (IPs) et l'*indice de primarité allèles au locus Agouti* (IPa). Cette mesure est basée sur la considération de 11 loci à effet visible : Agouti (A), Brown (B), Frosting (Fr), Roan (Rn), Beard (Bd), Ear Length (EL), Ear Carriage (EC), Ear Curling (ECr), Horns (Ho), Hair Length (HL) et Wattles (Wa). Les résultats obtenus dans le cas des chèvres de Laghouat (IPs = 1 et IPa = 1) et dans celui de Ghardaïa (IPs = 1) mettent en évidence la primarité des populations étudiées. Le degré de différenciation génétique relatif aux 2 populations caprines est estimé sur la base des profils géniques visibles de 9 loci (A, B, Fr, Rn, Bd, EL, Ho, HL, Wa) par l'emploi de l'indice de fixation *FST* de Wright. Les résultats par locus traduisent un pouvoir discriminant des loci HL ($FST(i) = 0,2281$), Bd ($FST(i) = 0,1366$), Ho ($FST(i) = 0,0124$), Fr ($FST(i) = 0,0114$) et A ($FST(i) = 0,0111$). En définitive, primarité et degré de différenciation génétique global peu élevé ($FST = 0,076$) caractérisent les populations caprines Arabia et Mekatia d'Algérie.

chèvre / gènes à effet visible / Algérie / primarité

Summary – **Primarity index and genetic differentiation of Algerian goat populations of Arabia (steppe) and Mekatia (desert).** The degree of belonging to the primary population category (a within-species taxonomic category between wild population and standardized breed, formerly called traditional population) of the 2 Algerian goat populations or breeds Arabia (steppe) and Mekatia (oases of the desert) is calculated by the use of 2 recently introduced indices: the index of primarity loci in segregation (IPs) and the index of primarity Agouti locus (IPa). These indices consider 11 visible genetic loci: Agouti (A), Brown (B), Frosting (Fr), Roan (Rn), Beard (Bd), Ear Length (EL), Ear Carriage (EC), Ear Curling (ECr), Horns (Ho), Hair Length (HL) and Wattles (Wa). The results

obtained show the primarity of the Arabia goat (IPs = 1 and IPa = 1) and the primarity of the Mekatia goat (IPs = 1). The degree of genetic differentiation between these goat populations is estimated on the basis of the visible genetic profiles of 9 loci (A, B, Fr, Rn, Bd, EL, Ho, HL, Wa) using Wright's fixation index F_{ST} . The results show the power of discrimination of the loci HL ($F_{ST}(i) = 0.2281$), Bd ($F_{ST}(i) = 0.1366$), Ho ($F_{ST}(i) = 0.0124$), Fr ($F_{ST}(i) = 0.0114$) and A ($F_{ST}(i) = 0.011$) It is concluded that primarity and moderate global genetic differentiation ($F_{ST} = 0.076$) characterize the Algerian goat populations Arabia and Mekatia.

goat / visible gene effect / Algeria / primarity

INTRODUCTION

La classification évolutive des animaux de ferme proposée par Lauvergne (1982) prend en considération l'existence de 4 catégories : espèce sauvage, population traditionnelle, race standardisée et lignée sélectionnée. La catégorie population traditionnelle, renommée plus récemment population primaire (Lauvergne, 1993), est définie comme une population dérivant directement de l'espèce sauvage ancestrale par domestication, non fragmentée en isolats génétiques et sur laquelle l'homme n'a pas exercé de sélection systématique. La domestication atténuée, en effet, la pression de sélection naturelle sur les mutants à effet visible, permettant leur accumulation qui génère alors une variabilité génétique visible facilement remarquable (Lauvergne, 1993). Les premières analyses quantifiées de cette variabilité dans l'espèce caprine *Capra hircus* L concernent des populations du bassin méditerranéen (Gruppetta *et al*, 1988; Renieri *et al*, 1988). Plus récemment, à propos de chèvres brésiliennes, 2 indices ont été introduits par Machado *et al* (1992); l'*indice de traditionalité loci en ségrégation* et *indice de traditionalité allèles au locus Agouti*. Ces 2 indices ont été renommés indices de primarité par Lauvergne *et al* (1993). D'anciens auteurs ont procédé au recensement des ressources génétiques caprines d'Afrique du Nord occultant la variabilité génétique visible manifestée par ces populations (Geoffroy Saint-Hilaire, 1919; Rivière et Lecq, 1928; Mason, 1951; Chellig, 1978). La question qui se pose alors est de savoir à quelle catégorie appartiennent les populations caprines d'Algérie. Le présent article rapporte les résultats d'une première série d'investigations utilisant les connaissances acquises en matière de génétique des caractères à effet visible chez les caprins d'une part, et d'autre part les indices de primarité précédemment cités.

Les appellations attribuées aux populations de moutons et de chèvres d'Algérie par les éleveurs traditionnels s'inspirent principalement des marqueurs génétiques visibles, comme le patron pigmentaire, de l'appartenance tribale, ou des 2 à la fois. Ainsi, la distinction des 2 populations ou races caprines étudiées exprime manifestement une différenciation génétique qui nous est apparue intéressante à quantifier par l'emploi de l'indice de fixation F_{ST} de Wright (Hartl, 1980).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Choix des zones d'échantillonnage

Le cheptel caprin d'Algérie compte environ 4 millions de têtes localisées dans les zones montagneuses de l'Atlas tellien, les hautes plaines, l'Atlas saharien, la steppe et les oasis du Sahara (ministère de l'Agriculture, 1992). Les orientations émanant des travaux de Geoffroy Saint-Hilaire (1919), Rivière et Lecq (1928), Mason (1951) et Chellig (1978) sont en accord sur un point, celui de l'existence de 2 races caprines locales. La race Arabia dont l'aire d'extension s'étalerait du nord jusqu'à la limite sud de la steppe et la Mekatia qui se rencontre plus au sud, au-delà de cette limite et resterait confinée aux oasis du désert. Cette classification nous a conduits à l'échantillonnage au sein des régions de Laghouat (steppe) et Ghardaïa (oasis du désert) (fig 1), 2 régions entre lesquelles l'isohyète 100 mm (orienté est-ouest entre 32° et 33° de latitude nord) vient séparer respectivement les étages bioclimatiques sub-désertique et désertique (Seltzer, 1946).

Fig 1. Localisation des sites d'échantillonnage (L_i : échantillons de Laghouat; G_i : échantillons de Ghardaïa).

Réalisation de l'échantillonnage

Les données recueillies au cours de sondages effectués en janvier et février 1992 proviennent d'élevages familiaux du type traditionnel et n'ont pris en considération que les animaux âgés d'au-moins une année. Les observations portent, au total, sur 353 individus (6 troupeaux) pour la région de Laghouat (population Arabia) (316 chèvres, 37 boucs) et sur 224 autres (6 troupeaux) pour celle de Ghardaïa (population Mekatia (205 chèvres, 19 boucs) (tableau I).

Tableau I. Effectifs des échantillons de Laghouat (L_i) et de Ghardaïa (G_i) dans les divers sites localisés sur la figure 1.

Régions	Lieux	Effectifs		
		Mâles	Femelles	Total
Laghouat	Bordj-Esnoussi (L_1)	4	40	44
	El-Hadjab (L_2)	6	54	60
	El-Hadjab 1 (L_3)	4	81	85
	El-Hadjab 2-3 (L_4)	10	62	72
	Ijkijika (L_5)	11	65	76
	Oued M'rires (L_6)	2	14	16
Ghardaïa	Daïa-Bendahoua (G_1)	6	32	38
	Hadj-Messaoud (G_2)	3	51	54
	Bounoura (G_3)	0	14	14
	Mermed (G_4)	2	26	28
	El-Ateuf (G_5)	5	47	52
	Metlili (G_6)	3	35	38

Les loci étudiés

Onze loci à effet visible sont considérés. Quatre sont relatifs à la coloration de l'animal. Trois d'entre eux sont dialléliques : *Brown* (B^+ , B^b ; *wild vs brown*), *Frosting* (Fr^+ , Fr^R ; *wild vs frosting*), *Roan* (Rn^+ , Rn^R ; *wild vs roan*) (Alexieva *et al*, 1990a, b; Millar et Lauvergne, 1990). Le principe de l'homologie interspécifique (Lauvergne, 1983) et les données de ségrégation relatives au quatrième locus (*Agouti*) responsable du patron pigmentaire (Millar et Lauvergne, 1990) permettent de tenir compte des gènes allèles suivants : *nonagouti* (A^a), *badgerface* (A^b), *black and tan* (A^t), *black and tan black belly* (A^{tb}), *red cheek* (A^c), *mantled* (A^m), *reverse mantled* (A^{rm}), *red* (A^r) et *wild* (A^+). L'allèle *nonagouti* est le plus récessif de la série allélique. Les autres loci concernent les caractères phénotypiques autres que ceux de la coloration : *Beard* (Bd^+ , Bd^b ; *wild vs bearded*), *Ear Carriage* (EC^+ , EC^P ; *wild vs pendulous*), *Ear Curling* (ECr^+ , ECr^C ; *wild vs curled*), *Ear Length* (EL^+ , EL^R ; *wild vs reduced*), *Hair Length* (HL^+ , HL^L ; *wild vs long*), *Horns*

(Ho^+ , Ho^P ; wild vs polled), *Wattles* (Wa^+ , Wa^W ; wild vs wattles) (COGNOSAG-COGOVICA, 1989).

Mesure de la primarité

Les indices de primarité introduits se basent sur la ségrégation observée ou non à un locus avec l'alternative 0/1. Ceci élimine la surreprésentation des allèles à fréquences élevées (Lauvergne *et al*, 1993) et évite l'obligation d'adopter des critères permettant de considérer un locus comme étant polymorphe ou non. Ils ont, de ce fait, l'avantage de mieux apprécier l'accumulation des mutants à effet visible conséquente à la domestication.

L'indice de primarité *loci à effet visible en ségrégation* (IPs) a été défini comme le nombre de loci à effet visible en ségrégation (ns) rapporté au nombre total de loci à effet visible Ns identifiés dans l'espèce (Lauvergne *et al*, 1993) ;

$$IPs = ns/Ns$$

L'indice de primarité *allèles au locus Agouti* a été défini ainsi :

$$IPa = (na - 1)/(Na - 1)$$

où Na est le nombre total d'allèles en *Agouti* considérés et na le nombre d'allèles observés dans une population. IPa peut varier de 0 (un seul allèle en *Agouti* : $na - 1 = 0$) à 1 quand $na = Na$ (Lauvergne *et al*, 1993).

Les troupeaux familiaux qui pâturent et transhument ensemble se caractérisent par une monte libre qui assure ainsi une situation de quasi-panmixie, critère nécessaire à l'emploi des indices de primarité. L'emploi de ces indices nécessite aussi de s'assurer qu'il ne s'agit pas d'une variabilité visible «secondaire» provenant de croisements désordonnés entre races standardisées, ce qui ne semble pas être le cas ici, vu le caractère traditionnel de l'élevage, et qu'il ne s'agit pas non plus d'une réduction de la variabilité due à des effets de dérive génique provoquant la perte du caractère de primarité (Lauvergne *et al*, 1993).

Mesure du degré de différenciation génétique

L'estimation du degré de différenciation génétique (FST) entre les populations caprines Arabia et Mekatia utilise les profils géniques visibles établis à partir de 9 loci (A , B , Fr , Rn , Bd , EL , Ho , HL et Wa) sous l'hypothèse de l'équilibre de Hardy-Weinberg. L'erreur standard attribuée aux fréquences alléliques est calculée en tenant compte des formules :

$$[(1 - q^2)/4n]^{1/2}$$

et

$$[(2 - p)p/4n]^{1/2}$$

pour respectivement les allèles récessif et dominant.

Le degré de différenciation génétique $FST(i)$ relatif à un allèle i à un locus donné est obtenue selon la formule :

$$FST(i) = [HT(i) - \overline{HS}(i)]/HT(i)$$

où $\overline{HS}(i)$ est la moyenne des hétérozygoties des différentes populations pour l'allèle considéré et $HT(i)$ l'hétérozygotie totale pour le même allèle sur l'ensemble T des populations telles que :

$$HS(i) = 2p_i(1 - p_i)$$

et

$$HT(i) = 2\overline{p}_i(1 - \overline{p}_i)$$

L'estimation du degré de différenciation génétique englobant l'ensemble des loci est obtenue grâce à l'emploi de la formule (Hartl, 1980) :

$$FST = \Sigma \sigma_i^2 / \Sigma \overline{p}_i(1 - \overline{p}_i)$$

où

$$\sigma_i^2 = \overline{p}_i^2 - \overline{p}_i^2$$

Le regroupement des troupeaux de Laghouat en un seul ensemble, et de ceux de Ghardaïa en un autre, a nécessité de s'assurer de l'homogénéité statistique des distributions de fréquences alléliques dans chacun des cas à l'aide du test non-paramétrique de Kruskal-Wallis (Siegel, 1956).

RÉSULTATS

Les tableaux II et III rapportent les estimations de l'indice de primarité *loci à effet visible en ségrégation* (*IPs*) des populations caprines de Laghouat (steppe) et Ghardaïa (oasis du désert).

Dans les tableaux IV et V sont données les estimations de l'indice de primarité *allèles au locus Agouti* (*IPa*) de ces mêmes populations.

Les tableaux VI et VII montrent respectivement les profils géniques visibles des troupeaux de Laghouat (Arabia) et Ghardaïa (Mekatia). L'homogénéité statique des distributions de fréquences alléliques est acceptée dans le cas des échantillons de Laghouat ($p > 0,05$; ddl = 5) et dans celui de Ghardaïa ($p > 0,05$; ddl = 5).

Le tableau VIII rapporte les distributions des fréquences géniques, après regroupement des troupeaux pour chaque population, ainsi que l'estimation de l'index de fixation $FST(i)$ (Hartl, 1980) pour chaque locus.

DISCUSSION

Primarité des chèvres Arabia et Mekatia

Les tableaux II et III montrent des *IPs* égaux à l'unité pour Laghouat et Ghardaïa, ce qui plaide en faveur de l'appartenance des chèvres Arabia et Mekatia à la catégorie population primaire, comme c'est le cas des chèvres du Nord Cameroun, du Tchad, de la Méditerranée orientale et occidentale, et du Brésil (Lauvergne *et al*, 1993; Machado *et al*, 1992).

Tableau II. Indices de primarité *loci* à effet visible en ségrégation (*IPs*) identifiés dans la population caprine de Laghouat (steppe).

<i>Locus</i>	<i>Lieux</i>						<i>Total</i>
	<i>L</i> ₁	<i>L</i> ₂	<i>L</i> ₃	<i>L</i> ₄	<i>L</i> ₅	<i>L</i> ₆	
<i>Agouti (A)</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Brown (B)</i>	1	1	1	0	0	0	1
<i>Frosting (Fr)</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Roan (Rn)</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Beard (Bd)</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ear Length (EL)</i>	1	0	0	0	0	1	1
<i>Ear Carriage (EC)</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ear Curling (ECr)</i>	1	1	1	1	1	0	1
<i>Horns (Ho)</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Hair Length (HL)</i>	1	1	1	1	1	0	1
<i>Wattles (Wa)</i>	1	1	1	1	0	1	1
<i>ns</i>	11	10	10	9	8	8	11
<i>Ns</i>	11	11	11	11	11	11	11
<i>IPs</i>	1,0	0,91	0,91	0,82	0,73	0,73	1,0
<i>Na</i>	44	60	85	72	76	16	353

ns : nombre de loci en ségrégation ; *Ns* : nombre de loci considérés ; *Na* : nombre d'animaux par site.

Tableau III. Indices de primarité *loci* à effet visible en ségrégation (*IPs*) identifiés dans la population caprine de Ghardaïa (oasis du désert).

<i>Locus</i>	<i>Lieux</i>						<i>Total</i>
	<i>G</i> ₁	<i>G</i> ₂	<i>G</i> ₃	<i>G</i> ₄	<i>G</i> ₅	<i>G</i> ₆	
<i>Agouti (A)</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Brown (B)</i>	0	1	1	0	1	0	1
<i>Frosting (Fr)</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Roan (Rn)</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Beard (Bd)</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ear Length (EL)</i>	0	0	0	0	1	0	1
<i>Ear Carriage (EC)</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ear Curling (ECr)</i>	1	1	1	1	1	0	1
<i>Horns (Ho)</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Hair Length (HL)</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Wattles (Wa)</i>	1	1	1	0	1	1	1
<i>ns</i>	9	10	10	8	11	8	11
<i>Ns</i>	11	11	11	11	11	11	11
<i>IPs</i>	0,82	0,91	0,91	0,73	1,0	0,73	1,0
<i>Na</i>	38	54	14	28	52	38	224

ns : nombre de loci en ségrégation ; *Ns* : nombre de loci considérés ; *Na* : nombre d'animaux par site.

Tableau IV. Indice de primarité *allèles au locus Agouti (IPa)* de la population caprine de Laghouat (steppe).

<i>Allèles en Agouti</i>	<i>Lieux</i>						<i>Total</i>
	<i>L₁</i>	<i>L₂</i>	<i>L₃</i>	<i>L₄</i>	<i>L₅</i>	<i>L₆</i>	
<i>A^{na}</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>A^b</i>	1	1	1	1	1	0	1
<i>A^t</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>A^{tb}</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>A^{rc}</i>	0	0	0	1	0	0	1
<i>A^m</i>	0	0	1	0	0	0	1
<i>A^{rm}</i>	0	1	0	0	0	0	1
<i>A^r</i>	1	0	1	1	1	0	1
<i>A⁺</i>	0	1	1	1	0	0	1
<i>Na</i>	9	9	9	9	9	9	9
<i>na</i>	5	6	7	7	5	3	9
<i>IPa</i>	0,50	0,62	0,75	0,75	0,50	0,25	1,0
<i>Na</i>	44	60	85	72	76	16	353

Na : allèles considérés ; *na* : allèles observés ; *Na* : nombre d'animaux par site.

Tableau V. Indice de primarité *allèles au locus Agouti (IPa)* de la population caprine de Gardaïa (oasis du désert).

<i>Allèles en Agouti</i>	<i>Lieux</i>						<i>Total</i>
	<i>G₁</i>	<i>G₂</i>	<i>G₃</i>	<i>G₄</i>	<i>G₅</i>	<i>G₆</i>	
<i>A^{na}</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>A^b</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>A^t</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>A^{tb}</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>A^{rc}</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>A^m</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>A^{rm}</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>A^r</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>A⁺</i>	0	1	1	0	1	1	1
<i>Na</i>	9	9	9	9	9	9	9
<i>na</i>	5	6	6	5	6	6	6
<i>IPa</i>	0,50	0,62	0,62	0,50	0,62	0,62	0,62
<i>Na</i>	38	54	14	28	52	38	224

Na : allèles considérés ; *na* : allèles observés ; *Na* : nombre d'animaux par site.

Tableau VI. Fréquences géniques (p) et erreurs standards (ES) dans la population Arabia (Laghout, L_i).

Allèle	Échantillons					
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
A^a	$0,336 \pm 0,071^a$ (44)b	$0,466 \pm 0,057$ (60)	$0,574 \pm 0,044$ (85)	$0,333 \pm 0,056$ (72)	$0,326 \pm 0,055$ (75)	$0,612 \pm 0,099$ (16)
B^b	$0,427 \pm 0,079$ (33)	$0,122 \pm 0,060$ (68)	$0,000 \pm 0,000$ (79)	$0,000 \pm 0,000$ (56)	$0,000 \pm 0,000$ (47)	$0,000 \pm 0,000$ (16)
Fr^+	$0,929 \pm 0,028$ (44)	$0,931 \pm 0,024$ (60)	$0,861 \pm 0,028$ (85)	$0,889 \pm 0,027$ (72)	$0,819 \pm 0,034$ (73)	$0,829 \pm 0,070$ (16)
Rn^+	$0,754 \pm 0,050$ (44)	$0,817 \pm 0,037$ (60)	$0,782 \pm 0,034$ (85)	$0,722 \pm 0,041$ (71)	$0,643 \pm 0,044$ (75)	$0,935 \pm 0,044$ (16)
Bd^b	$0,592 \pm 0,064$ (40)	$0,913 \pm 0,038$ (54)	$0,936 \pm 0,020$ (81)	$0,783 \pm 0,039$ (62)	$0,832 \pm 0,034$ (65)	$0,886 \pm 0,062$ (14)
EL^+	$0,989 \pm 0,011$ (44)	$1,000 \pm 0,000$ (60)	$1,000 \pm 0,000$ (85)	$1,000 \pm 0,000$ (72)	$1,000 \pm 0,000$ (76)	$0,938 \pm 0,043$ (16)
Ho^+	$0,738 \pm 0,051$ (44)	$0,913 \pm 0,026$ (60)	$0,933 \pm 0,020$ (85)	$0,889 \pm 0,027$ (72)	$0,819 \pm 0,033$ (76)	$0,866 \pm 0,063$ (16)
HL^+	$0,761 \pm 0,049$ (44)	$0,233 \pm 0,063$ (60)	$0,053 \pm 0,054$ (85)	$0,153 \pm 0,058$ (72)	$0,276 \pm 0,055$ (76)	$0,000 \pm 0,000$ (16)
Wa^+	$0,953 \pm 0,023$ (44)	$0,876 \pm 0,031$ (60)	$0,964 \pm 0,014$ (85)	$0,905 \pm 0,025$ (72)	$1,000 \pm 0,000$ (76)	$0,901 \pm 0,054$ (16)

1^{re} ligne : $p \pm ES$; 2^e ligne : effectif.

Tableau VII. Fréquences géniques (p) et erreurs standards (ES) dans la population Mekatia de Ghardaïa (G_i).

Allèle	Échantillons de Ghardaïa					
	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6
A^a	$0,324 \pm 0,077^a$ (38) ^b	$0,235 \pm 0,066$ (54)	$0,597 \pm 0,107$ (14)	$0,202 \pm 0,100$ (24)	$0,366 \pm 0,065$ (52)	$0,362 \pm 0,076$ (38)
B^b	$0,000 \pm 0,000$ (22)	$0,251 \pm 0,070$ (48)	$0,447 \pm 0,141$ (10)	$0,000 \pm 0,000$ (15)	$0,164 \pm 0,081$ (37)	$0,000 \pm 0,000$ (33)
F_7^{++}	$0,960 \pm 0,023$ (38)	$0,952 \pm 0,021$ (54)	$0,963 \pm 0,036$ (14)	$0,889 \pm 0,047$ (24)	$0,930 \pm 0,025$ (52)	$0,932 \pm 0,029$ (38)
Rn^{+}	$0,585 \pm 0,066$ (38)	$0,793 \pm 0,041$ (54)	$0,707 \pm 0,095$ (14)	$0,677 \pm 0,075$ (24)	$0,760 \pm 0,045$ (52)	$0,725 \pm 0,056$ (38)
Bd^b	$0,463 \pm 0,072$ (38)	$0,343 \pm 0,066$ (51)	$0,598 \pm 0,107$ (14)	$0,196 \pm 0,096$ (26)	$0,636 \pm 0,056$ (47)	$0,586 \pm 0,068$ (35)
EL^{+}	$1,000 \pm 0,000$ (38)	$1,000 \pm 0,000$ (54)	$1,000 \pm 0,000$ (14)	$1,000 \pm 0,000$ (27)	$0,990 \pm 0,010$ (52)	$1,000 \pm 0,000$ (38)
Ho^{+}	$0,562 \pm 0,067$ (38)	$0,871 \pm 0,033$ (54)	$0,756 \pm 0,087$ (14)	$0,802 \pm 0,056$ (28)	$0,820 \pm 0,040$ (52)	$0,811 \pm 0,047$ (38)
HL^{+}	$0,724 \pm 0,056$ (38)	$0,849 \pm 0,036$ (53)	$0,679 \pm 0,098$ (14)	$0,923 \pm 0,038$ (26)	$0,490 \pm 0,060$ (52)	$0,697 \pm 0,058$ (38)
Wa^{+}	$0,932 \pm 0,029$ (38)	$0,861 \pm 0,035$ (54)	$0,036 \pm 0,13$ (14)	$1,000 \pm 0,000$ (28)	$0,930 \pm 0,025$ (52)	$0,903 \pm 0,035$ (38)

1^{re} ligne : $p \pm ES$; 2^e ligne : effectif.

Tableau VIII. Distributions des fréquences alléliques après regroupement et indices de fixation $FST(i)$ pour chacun des loci.

	<i>Population de Laghouat</i>	<i>Population de Ghardaïa</i>	<i>FST(i)</i>
<i>Allèle</i>			
A^a	0,504 $\pm$ 0,027 ^a (260) ^b	0,399 $\pm$ 0,001 (157)	0,0111
B^b	0,032 $\pm$ 0,038 (173)	0,019 $\pm$ 0,040 (157)	0,0020
Fr^+	0,878 $\pm$ 0,013 (350)	0,939 $\pm$ 0,012 (220)	0,0114
Rn^+	0,753 $\pm$ 0,018 (351)	0,723 $\pm$ 0,023 (220)	0,0010
Bd^b	0,842 $\pm$ 0,015 (316)	0,494 $\pm$ 0,03 (205)	0,1366
EL^+	0,996 $\pm$ 0,002 (353)	0,998 $\pm$ 0,002 (223)	0,0000
Ho^+	0,871 $\pm$ 0,013 (353)	0,788 $\pm$ 0,021 (224)	0,0124
HL^+	0,238 $\pm$ 0,026 (353)	0,715 $\pm$ 0,024 (221)	0,2281
Wa^+	0,942 $\pm$ 0,009 (353)	0,921 $\pm$ 0,013 (224)	0,0016

1^{re} ligne : $p \pm ES$; 2^e ligne : effectif.

Des imprécisions relevées par Lauvergne *et al* (1993a) peuvent entacher l'estimation de l'IPs, comme celle relative à l'identification des loci, à l'exemple du locus de panachure blanche que nous avons évité, de ce fait, de considérer. Les fréquences basses de certains gènes tel l'allèle El^R au locus *Ear Length* ne semblent pas affecter outre-mesure le degré de primarité des chèvres Arabia et Mekatia. L'absence d'homogénéité au sein d'une population primaire susceptible de conduire à la différenciation en sous-populations peut également générer une imprécision dans la mesure de l'IPs. À ce propos, Lauvergne *et al* (1993b) rapportent l'existence d'un gène de réduction du cornage identifié en Afrique et son absence en Europe. Pour abonder dans le même sens, ces auteurs relèvent, aussi l'absence, en Afrique (Nord Cameroun et Tchad), du mutant Ho^P (locus *Horns*) qui fait disparaître les cornes et s'accompagne d'intersexualité. Il nous semble intéressant de rapporter un autre facteur susceptible de générer l'absence d'homogénéité au sein de la population primaire. Il s'agit de l'action du gène Ho^P qui s'accompagne dans les 2 sexes d'intersexualité (Ricordeau et Lauvergne, 1967; Ricordeau *et al*, 1972). Il semble que cette intersexualité induite par Ho^P n'existe pas au sein des populations caprines d'Algérie. En effet, tout au long de nos prospections qui concernent aussi bien les chèvres des monts Dahra et des Aurès de l'Algérie du Nord (article en préparation) que celles de la présente étude, nous avons rencontré des mâles

et des femelles homozygotes pour Ho^P (sans cornes) reconnaissables selon Ricordeau (1972) aux protubérances osseuses arrondies du crâne, les hétérozygotes sans cornes présentant des protubérances en forme de V. Les femelles homozygotes pour le gène Ho^P qui donne l'absence de cornes devraient être atteintes de stérilité selon ce que l'on sait du comportement de ce gène dans les races européennes (Ricordeau et Lauvergne, 1967; Ricordeau, 1969; Ricordeau, 1972; Ricordeau *et al*, 1972). Ce que nous avons observé ne correspond pas à ce que nous devrions trouver. Nous avons, en effet, constaté l'existence de femelles allaitantes et homozygotes pour Ho^P . Deux hypothèses peuvent expliquer cette situation : la distinction phénotypique des génotypes Ho^P/Ho^P et Ho^P/Ho^+ à l'origine de l'absence de cornes ne peut pas être prise en considération dans le cas des populations caprines d'Algérie ou bien Ho^P ne s'accompagne pas d'intersexualité dans ces mêmes populations. Ces hypothèses nécessitent d'être confirmées.

Différenciation génétique des chèvres Arabia et Mekatia

Les estimations de l'indice de fixation $FST(i)$ montrent, dans leur ensemble, une apparente hétérogénéité qui exprime une différenciation sélective plus accentuée pour certains loci, alors que le FST global calculé sur l'ensemble de ces loci indique un degré de différenciation génétique faible ($FST = 0,076$) entre les populations Arabia et Mekatia. Ainsi, le degré de différenciation génétique au locus *Hair length* est le plus élevé ($FST(i) = 0,2281$). Ce fait est étroitement lié à l'appellation Mekatia. En effet, cette appellation prend sa source dans le qualificatif attribué à la pierre lisse (*El-mekat*) utilisée comme pavé pour les rues des oasis. L'aspect lisse que traduit l'effet des poils courts (allèle Ht^+) est ainsi pris en considération pour distinguer la Mekatia des oasis, ou chèvre du M'zab, assimilée à une gazelle par les éleveurs traditionnels, de l'Arabia aux poils longs fréquente dans la steppe. Un pouvoir de discrimination caractériserait alors le comportement des fréquences alléliques au locus *Hair length*. Ce phénomène semble également affecter les fréquences alléliques au locus *Beard* ($FST(i) = 0,1366$) : faiblesse de la fréquence de l'allèle Bd^b (présence de barbe) ($q = 0,499 \pm 0,03$) à Ghardaïa en comparaison à la fréquence du même allèle à Laghouat ($q = 0,842 \pm 0,015$). Les estimations de l'indice de fixation F indiquent, dans les cas des loci *Horns* ($FST(i) = 0,0124$), *Fr* ($FST(i) = 0,0114$) et *Agouti* ($FST(i) = 0,0111$), un degré de différenciation génétique de moindre importance, mais d'égale grandeur. Nous devons, cependant, signaler la prédominance des patrons « eumélanisés » dans la steppe, exprimée par la fréquence de l'allèle A^a (patron pigmentaire totalement noir, $q = 0,504 \pm 0,027$), et celle des patrons « phamélanisés » dans les oasis ($q = 0,399 \pm 0,001$). La faible fréquence de l'allèle A^a dans les oasis a d'ailleurs été relevée par Mason (1951) qui, pour qualifier la population caprine de la région en variété ou type, rapporte son existence en termes de chèvre rouge du désert. Là encore semble exister un pouvoir de discrimination des 2 populations caprines étudiées imputable à l'allèle A^a au locus *Agouti*. L'homogénéité apparente des valeurs de $FST(i)$ qui varie de 0,001 à 0,0020 pour les loci *Rn*, *B* et *Wa* traduit une faible hétérogénéité génétique due à ces loci entre les chèvres Arabia et Mekatia. L'estimation de l'indice de fixation $FST(i)$ relative au locus *Ear Length* donne une valeur pratiquement nulle et exprime ainsi un très faible degré de différenciation génétique. En effet, la fréquence du

gène EL^+ (oreille longue) est proche de l'unité à Laghouat comme à Ghardaïa. Ce fait remarquable traduit manifestement un avantage sélectif du gène EL^+ sur les aires de répartition steppique et désertique des populations caprines. Deux pressions de sélection combinées et de même sens expliqueraient cet avantage. La première, imputable à l'action des éleveurs et étroitement liée au rite du sacrifice d'Abraham, s'exercerait en faveur du gène EL^+ . Ce rite oblige en effet au sacrifice d'un animal en bonne santé dont l'oreille longue doit recouvrir l'œil qui lui est adjacent jusqu'à atteindre le chanfrein. Ainsi, les éleveurs favoriseraient le génotype EL^+/EL^+ lors de la reproduction lui conférant un avantage sélectif. Le gène EL^R , à l'origine des oreilles rudimentaires, serait, donc par cette voie contre-sélectionné. La seconde conférerait au gène EL^+ l'avantage d'un allongement de l'oreille qui constitue une défense contre la chaleur et la sécheresse en facilitant l'exportation des calories dégagées par le métabolisme par échange thermique de contact plutôt que par exportation de vapeur d'eau dans une zone sèche (Robertshaw, 1982), comme c'est le cas des populations caprines du Nord Cameroun et du Tchad (Bourzat *et al*, 1993). La fréquence élevée du gène EL^+ témoignerait ainsi de l'adaptation aux conditions steppiques et désertiques des populations Arabia et Mekatia ou chèvre du M'zab.

CONCLUSION

Ce travail entame la cartographie des ressources génétiques caprines du Maghreb où l'absence manifeste de données en la matière est relevée comparativement aux régions nord du bassin méditerranéen. Il mérite d'être étendu à toute l'Algérie pour vérifier la présence d'autres populations de type primaire, vers le nord pour délimiter les zones de faible et de haute gracilité, notion récemment introduite par Lauvergne *et al* (1993), vers le grand sud pour préciser le pouvoir discriminant des allèles aux loci *Agouti* et *Hair length*.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier B Benbouzid, SE Nader, A Kebbal et A Touati du rectorat de l'université de Blida pour avoir autorisé et encouragé le financement de ces travaux dans le cadre du projet sur les ressources génétiques ovicaprines d'Algérie. Nous remercions également les éleveurs de Laghouat et Ghardaïa pour leurs appuis et disponibilité. Nous n'oublions pas de remercier JJ Lauvergne du laboratoire de génétique factorielle de l'INRA de Jouy-en-Josas (France) avec lequel les contacts n'ont pas manqué d'être fructueux.

RÉFÉRENCES

- Alexieva SA, Aliev GA, Bourzat D, Denis B, Dolling CHS, Lauvergne JJ, Lundie RS, Malher X, Millar P, Rachkovsky ML, Rae AL, Renieri C, Sponenberg DP, Tucker EM (1990a) Gene nomenclature in sheep and goats 1989. In : *Loci for Coat Color of Sheep and Goats 1989* (JJ Lauvergne, ed) COGOVICA/COGNOSAG, Clamart, 3-7

- Alexieva SA, Aliev GA, Bourzat D, Denis B, Dolling CHS, Lauvergne JJ, Lundie RS, Malher X, Millar P, Rachkovsky ML, Rae AL, Renieri C, Sponenberg DP, Tucker EM (1990b) General procedure for listing loci and alleles of sheep and goats 1989. In : *Loci for Coat Color of Sheep and Goats 1989* (JJ Lauvergne, ed), COGOVICA/COGNOSAG, Clamart, 9-13
- Bourzat D, Souvenir Zafindrajaona P, Lauvergne JJ, Zeuh V (1993) Comparaison morpho-biométrique de chèvres au Nord Cameroun et au Tchad. *Rev Élev Méd Vét Trop* 4, 667-674
- Chellig R (1978) La production animale de la steppe. In : *Congrès sur le nomadisme en Afrique*, Addis-Abbéba, 6-10 février 1978, 96-112
- COGNOSAG/COGOVICA (1989) Goats allelic series 1987. Visible traits other than colour. In : *Standardized Genetic Nomenclature for Sheep and Goats 1987. Loci for Visible Traits other than Color and Blood and Milk Polymorphisms* (JJ Lauvergne, ed), Paris, BRG, 125-135
- Geoffroy Saint-Hilaire H (1919) Espèce caprine. In : *L'élevage en Afrique du Nord. Maroc-Tunisie-Algérie* (A Challamel, ed), Paris, 287-294
- Gruppetta A, Renieri C, Silvestrelli M, Valfé F (1988) Profils génétiques visibles de la chèvre de Malte. In : *Populations traditionnelles et premières races standardisées d'Ovicaprinæ dans le bassin méditerranéen 1986* (JJ Lauvergne, ed), Gontard/Manosque 30 juin-3 juillet 1986, colloque INRA n° 47, France, 113-121
- Hartl DL (1980) Genetic differentiation of populations. In : *Principles of Population Genetics* (Sinauer Associates, eds), Sinauer Associates Inc, Sunderland, 162-165
- Lauvergne JJ (1982) Genética en poblaciones animales después de la domesticación : consecuencias para la conservación de las razas. In : *Proceedings of the 2nd World Congress on Genetics applied to Livestock Production*, Madrid, 4-8 October 1982, Vol 6, 77-78
- Lauvergne JJ (1983) Utilisation du principe d'homologie interspécifique pour l'étude du déterminisme de la couleur du pelage des ruminants domestiques : l'exemple du locus *Agouti*. *Bull Soc Zool* 108, 201-243
- Lauvergne JJ (1993) Breed development and breed differentiation. In : *Proc CEC Workshop and Training Course* (D Simon, D Buchenauer, eds), Hannover 7-9 décembre 1992, 53-64
- Lauvergne JJ, Bourzat D, Souvenir Zafindrajaona P, Zeuh V, Ngo Tatia AC (1993a) Indices de primarité de chèvres au Nord Cameroun et au Tchad. *Rév Élev Méd Vét Pays Trop* 4, 651-665
- Lauvergne JJ, Souvenir P, Minvielle F, Bourzat D, Zeuh V (1993b) Un gène de réduction de la longueur des cornes de la chèvre au Nord Cameroun et au Tchad. *Rév Élev Méd Vét Pays Trop* 46, 645-650
- Machado T, Lauvergne JJ, Souvenir Zafindrajaona P (1992) Le scénario de peuplement caprin brésilien depuis la découverte. *Arch Zootec Cordoba* 41, 455-466
- Mason IL (1951) Goat. In : *A World Dictionary of Livestock Breeds, Types and Varieties* (CAB, Farnham Royal, Slough, Bucks 99-116
- Millar P, Lauvergne JJ (1990) Loci for coat color of goats. In : *Loci for Coat Color of Sheep and Goats 1989* (JJ Lauvergne, ed), COGOVICA/COGNOSAG, Clamart, 59-66
- Ministère de l'Agriculture (1992) *Comptes rendus de la consultation nationale sur l'agriculture* (ministère de l'Agriculture, ed), Alger, 20-22 avril
- Renieri C, Rubino R, La Tessa D, Muscillo F, Sarriça G, Zarriello G (1988) Profils génétiques visibles de la chèvre du sud de l'Italie. In : *Populations traditionnelles et premières races standardisées d'Ovicaprinæ dans le bassin méditerranéen 1986* (JJ Lauvergne, ed), Gontard/Manosque, 30 juin-3 juillet 1986, colloque INRA n° 47, France, 124-134

- Ricordeau G (1969) Surprolificité des géotypes sans cornes dans les races caprines alpines Saanen, Alpine chamoisée et Poitevine. *Ann Génét Sél Anim* 1, 4, 391-395
- Ricordeau G (1972) Distinction phénotypique des caprins homo- et hétérozygotes cornus. *Ann Génét Sél Anim* 4, 3, 469-475
- Ricordeau G, Lauvergne JJ (1967) Hypothèse génétique unique pour expliquer la présence d'intersexués, de mâles en excès et de mâles stériles en race caprine Saanen. *Ann Zootech* 16, 323-334
- Ricordeau G, Bouillon J, Hulot F (1972) Pénétrance de l'effet de stérilité totale lié au gène sans cornes P chez les boucs. *Ann Génét Sél Anim* 4, 537-542
- Rivière C, Lecq H (1928) Bétail et élevage. In : *Traité pratique d'agriculture pour le nord de l'Afrique* (Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, ed), Paris, Tome 1, 349-352
- Robertshaw D (1982) Concepts in animal adaptation, thermorégulation of the goat. In : *Proc Int Conf Goat, Goat, Production and disease*, 395-397
- Seltzer P (1946) *Le climat de l'Algérie*. Travaux de l'Institut météorologique physique globale, Alger
- Siegel S (1956) The case of k independent samples. In : *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*, McGraw-Hill, New York, 174-193