

Modèles alternatifs d'évaluation génétique des caractères reproductifs de la population caprine locale dans les conditions d'aride

A. ATOUI¹*, M. J. CARABANO², A. MOLDI¹, N. SGHAIER¹

(Reçu le 26/05/2021; Accepté le 05/01/2022)

Résumé

Le succès des programmes d'élevage des petits ruminants dépend des modèles appropriés d'évaluation génétique des reproducteurs sur des caractères présentant une association génétique entre les différents phénotypes reproductifs. L'objectif de ce travail est de déterminer les composantes environnementales et génétiques qui synthétisent les performances de reproduction des chèvres locales élevées dans des conditions arides afin de jaloner les bases d'une future amélioration génétique de cette population. Deux caractères de reproduction ont été étudiés : l'intervalle entre mise bas et la taille de la portée à la naissance. Trois modèles ont été utilisés pour chaque cas, des analyses uni et bi-variées, qui différaient par les effets aléatoires inclus dans le modèle, uniquement les effets génétiques additifs, uniquement les effets environnementaux permanents ou les deux effets simultanément. Les résultats obtenus suggèrent que le modèle Bi-variée incluant uniquement les effets environnementaux permanents de la chèvre est le plus adéquat pour modéliser les performances de reproduction de la chèvre locale. Les variances génétiques directes sont principalement plus élevées en utilisant le modèle uni-varié que le modèle Bi-varié. Les estimations de la variance environnementale obtenues sont les mêmes pour les deux modèles. Les héritabilités enregistrées à partir du modèle uni-varié sont légèrement inférieures aux estimations issues du modèle Bi-varié. Il paraît impératif de considérer qu'au niveau du modèle animale, l'ensemble des effets génétiques et environnementaux, susceptibles d'intervenir sur le déterminisme des caractères reproductifs.

Mots clés: chèvre local, amélioration, évaluation, modèle uni-varié, modèle Bi-varié, reproduction

Alternative models of genetic evaluation of reproductive traits for local goat population under arid conditions

Abstract

The success of small ruminant breeding programs depends on appropriate models for genetic evaluation of breeding animals on traits showing a genetic association between different reproductive phenotypes. The objective of this study is to determine the environmental and genetic components that synthesize the reproductive performance of local goats in arid conditions, in order to make the foundations for future genetic improvement of this population. Two reproductif traits were studied : the interval between kidding and the litter size at birth. Three models were used for each case, univariate and bivariate analyzes, which differ in random effects included in the model, only the additive genetic effects, only the permanent environmental effects, or both effects simultaneously. The obtained results suggest that the Bi-variate model including only the permanent environmental effects of the goat is the most adequate to model the reproductive performance of local goat. Direct genetic variances are mainly higher using the uni-variate model than the Bivariate model. The environmental variance estimates obtained are the same for both models. The heritabilities recorded from the uni-variate model are slightly lower than the estimates from the Bi-variate model. It seems imperative to consider in animal model, all the genetic and environmental effects, that intervene on the determinism of reproductif traits.

Keywords: local goat, improvement, evaluation, uni-variate model, Bi-variate model, reproduction

INTRODUCTION

Les ressources génétiques caprines locales ont lentement évolué leurs potentialités pour s'adapter à ce contexte naturel et technique de vie et de production. Actuellement, l'absence des plans d'amélioration de cette population représente une perte en progrès génétique, qui aiderait à la prospérité de ce secteur par des meilleures valeurs ajoutées. Il urge, ainsi, de concevoir et d'appliquer des méthodologies de sélection appropriées aux caractéristiques de cette population et à son contexte environnemental et socio-économique de production (Najari, 2005).

Le succès de ces plans d'amélioration, passe par leur cohérence avec le mode d'expression des génotypes locaux vis-à-vis les facteurs non génétiques agissant biologiquement sur la transmission de ces caractères. Il est à noter que l'application des méthodologies «prêt à porter» et développées dans des milieux favorables à l'intensification, risque des répercussions néfastes et irréversibles sur ces ressources locales de valeur écologique et biologique inestimable. En effet, des plans de sélection démesurés peuvent provoquer la dégradation des ressources génétiques locales, ou aussi, accentuer la désertification de cet environnement fragile

suite à la sélection des animaux hauts productifs, et à la fois, non adaptés aux ressources locales offertes par le milieu.

Dans ces milieux difficiles, où les aléas climatiques sont importants, l'atout principal pour la survie et la production d'une population animale est la rusticité (Khaldi *et al.*, 1987). Les caractères de rusticité s'expriment essentiellement chez les animaux adultes et en particulier quand le milieu est contraignant, sachant que les mères assurent à la fois la production et la protection des jeunes (Bouix, 1992). Ces qualités d'adaptation des animaux aux conditions de milieu ne sont pas souvent prises en compte de façon explicite dans les schémas de sélection.

Par ailleurs, la conception des schémas de sélection repose sur certains paramètres génétiques dont l'estimation constitue une étape indispensable pour le développement des outils de sélection et pour identifier les caractères de candidat à la sélection. L'héritabilité est un paramètre génétique clé qui indique le pourcentage de supériorité ou d'infériorité que les parents vont probablement transmettre à leur descendance (Najari, 2005).

Le succès des programmes d'élevage des petits ruminants dépend des modèles appropriés d'évaluation génétique des

¹ Laboratoire d'Élevage et Faune Sauvage, Institut des régions Arides, Médenine, Université de Gabès, Tunisie

² Département de génétique animale, Institut national de recherche et de technologie agricoles et alimentaires, Madrid, Espagne

femelles en vérifiant la présence d'une association génétique entre différents caractères reproductifs. Le modèle de répétabilité suppose que les caractères de reproduction dans les différents milieux sont caractérisés comme des mesures répétées du même caractère (Piles *et al.*, 2006). De nombreux programmes d'élevage de petits ruminants utilisent encore ce modèle, bien que la base génétique de ces caractères puisse différer à chaque mise bas. Najari (2005) a proposé un schéma de sélection au sein des troupeaux caprins pastoraux en considérant la productivité numérique individuelle de 3 ans d'élevage comme critères de sélection des chèvres mères. Cet objectif d'amélioration permet d'augmenter la productivité en viande des troupeaux allaitants naisseurs. La corrélation positive entre les potentialités de reproduction et la rusticité assurent le maintien, ou l'amélioration, des capacités de la population locale à travers un tel plan d'amélioration.

Le but de cette étude est de déterminer les composantes environnementales et génétiques qui synthétisent les performances de reproduction des chèvres locales élevées dans des conditions climatiques rigoureuses afin de jaloner les bases d'une future amélioration génétiques de cette population. Deux caractères de reproduction : l'intervalle entre mise bas (IMB) et la taille de la portée à la naissance (TP), ont été considérés comme des mesures quantitatives de la fertilité de la chèvre locale car ils représentent deux composantes principales de la performance reproductive.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Zone d'étude

La présente étude se base sur l'analyse des performances individuelles de chèvres locales élevées en conditions d'aridité qui constituent la majeure partie du berceau d'élevage caprins du pays (Figure 1). Sur le plan géographique,

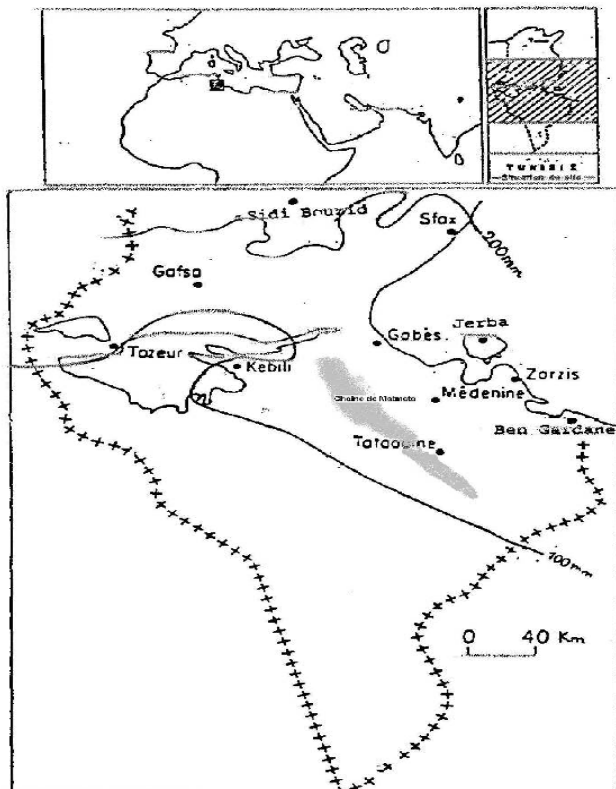


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

la région aride de la Tunisie s'étend depuis la méditerranée jusqu'au grand Erg Oriental. Dans cette zone cadrée par la mer et le désert, tout en passant par les montagnes de Matmata, existe une large gamme de variantes de ressources naturelles affectant l'état des parcours et par la suite, l'élevage de la région (Najari, 2005). Cette région est caractérisée par un climat aride, avec une pluviométrie irrégulière et sporadique, inférieure à 200 mm/an en moyenne (Najari *et al.*, 2007a). La température moyenne annuelle est de 20,2 °C, avec une moyenne de 13,2 °C en décembre (le mois le plus froid) et de 30,8 °C en juillet (le mois le plus chaud). L'été est normalement la saison la plus chaude et la plus sèche avec une température maximale de 47 °C (Atoui *et al.*, 2018).

Troupeau caprin expérimental

La présente étude se base sur les analyses des performances individuelles des chèvres de la population locale élevée sous les conditions de l'aride (Figure 2). Les informations relatives aux phénotypes et aux facteurs de production et de variation ont été collectées sur les animaux du troupeau caprin expérimental de l'Institut des Régions Arides de Médenine (IRA), située à 22 km de la ville de Médenine, au Sud-est de la Tunisie.



Figure 2: Chèvre et bouc locaux du troupeau expérimental

Un total de 462 mises bas provenant de l'accouplement de 11 boucs et 185 chèvres multipares et primipares de la population caprine locale, d'âge compris entre 1 et 13 ans, ayant un poids moyen de $21,2 \pm 2,5$ kg. Les données ont été recueillies durant la période 1999-2014. Les animaux ont été accouplés selon un système de reproduction d'une mise bas par an. La lutte commence généralement au mois de Juillet et continue jusqu'au début de Septembre, ce qui correspond aux mises bas en automne. Les femelles sont fécondées pour la première fois entre 12 et 18 mois d'âge, selon leur saison de naissance. Le troupeau est conduit sur un parcours loué ou en station pour des périodes réduites, la conduite est dite «traditionnelle» puisqu'elle est similaire à celle courante dans la région. Le troupeau caprin pâture quotidiennement sur un parcours situé dans la région de Boughrara (Gouvernorat de Médenine). L'après-midi, il reçoit un complément de foin, alors que pour les années pluvieuses le troupeau expérimental exploite un parcours éloigné de 31 km de l'ouest de l'Institut; dans ce cas, les animaux ne reçoivent aucune complémentation

La facilité de reproduction au jeune âge laisse suggérer la puberté précoce de la chèvre locale. Durant la période de lutte, les boucs ne sont pas lâchés ensemble, et ce afin de contrôler la paternité des chevreaux. Pour chaque saillie, le numéro de la chèvre, le numéro du bouc, le numéro du chevreau, le sexe, la date de saillie, la date de mise bas, la taille de portée et la parité des chèvres sont enregistrées. La saison de mise bas commence en Octobre et se poursuit jusqu'en Février, avec une concentration en Novembre et Décembre (Atoui *et al.*, 2018). Les mâles sont sélectionnés sur la base de leurs poids au sevrage et d'une bonne conformation. Cet aspect aurait certainement des conséquences au niveau de l'augmentation du taux de la consanguinité. Par ailleurs, le choix des géniteurs à partir des naissances du même troupeau conduit à l'augmentation de l'hétérogénéité inter troupeau ou inter zones, ce qui reste essentiel pour préserver une large variabilité de la population, au sens large. Un remplacement de l'extérieur de troupeau expérimental est observé durant cette étude mais à des pourcentages minimes.

Analyse statistique

Les données de reproduction du troupeau expérimental ont été élaborées en vue d'estimer les performances suivantes :

- La taille de portée à la naissance (TP) qui correspond au nombre de produits nés à terme de la gestation (vivants ou morts). Les tailles de portée nulles n'ont pas été prises en compte, car elles correspondaient à des avortements ;
- L'intervalle entre mises bas (IMB) qui, dans ce cas, correspond à l'intervalle de temps (exprimé en mois) entre la mise bas considérée et la mise bas précédente.

Pour les deux variables (TP et IMB), il a été tenu compte des avortements lorsqu'ils ont pu être identifiés. Dans la base de données, les avortements ont été saisis au même titre que les mises bas (avec une taille de portée nulle). Aussi, les tailles de portée nulles, ainsi que les intervalles entre mises bas qui ont suivi et précédé un avortement, n'ont pas été pris en compte dans les analyses statistiques.

Pour chaque caractère, les composantes de la variance ont été estimées sur la base trois modèles et qui ont été utilisés pour chaque cas, des analyses uni et bi-variées, qui diffèrent

par les effets aléatoires inclus dans le modèle, uniquement des effets génétiques additifs (modèle 1), uniquement des effets environnementaux permanents (modèle 2) ou les deux effets simultanément (modèle 3). Les effets fixes inclus sont: l'interaction année \times mois de naissance, la parité et l'âge de la chèvre à la mise bas.

Le premier modèle adopté comprend les effets fixes suivants: interaction année \times mois de naissance, la parité et l'âge de la chèvre et un effet génétique direct de la chèvre.

Le modèle a été réécrit sous une forme matricielle générale:

$$\text{Modèle 1: } y = Xb + Z1ad + e$$

Où :

y = Vecteur des performances reproductives (analyse d'un ou deux traits univariée ou bivariée, respectivement); ad = Vecteur des effets génétiques directs de la chèvre; e = Vecteur des résiduelles et b = Vecteur des effets fixes; X , $Z1$ = Matrices d'incidence.

Le deuxième modèle adopté comprend les effets fixes suivants: interaction année \times mois de naissance, la parité et l'âge de la chèvre et un effet environnemental permanent de la chèvre.

Le modèle a été réécrit sous une forme matricielle générale:

$$\text{Modèle 2: } y = Xb + W1pd + e$$

Où:

y = Vecteur des performances reproductives (analyse d'un ou deux traits univariée ou bivariée, respectivement); pd = Vecteur des effets environnementaux permanents; e = Vecteur des résiduelles; et b = Vecteur des effets fixes; X , $W1$ = Matrices d'incidence.

Le troisième modèle adopté comprend les effets fixes suivants: interaction année \times mois de naissance, la parité et l'âge de la chèvre, un effet génétique direct de la chèvre et un effet environnemental permanent de la chèvre.

Le modèle a été réécrit sous une forme matricielle générale:

$$\text{Modèle 3: } y = Xb + Z1ad + W1pd + e$$

Où:

y = Vecteur des performances reproductives (analyse d'un ou deux traits univariée ou bivariée, respectivement); ad = Vecteur des effets génétiques directs de la chèvre; pd = Vecteur des effets environnementaux permanents; e = Vecteur des résiduelles; et b = Vecteur des effets fixes; X , $Z1$, $W1$ = Matrices d'incidence.

Sélection des modèles et estimation des paramètres génétiques

Les modèles ont été comparés en testant le $-2\log L$ et le critère d'information d'Akaike (AIC). Le modèle ayant les valeurs de $-2\log L$ et AIC plus faible est considéré comme le meilleur. L'estimation des paramètres génétiques a été réalisée en utilisant la méthode REML de la famille de programmes BLUPf90 (Misztal *et al.*, 2002) tout en considérant la variance homogène. A partir des modèles d'analyse, les paramètres génétiques estimés sont l'héritabilité directe (h^2d), et les autres composantes qui sont σ^2a : variance génétique additive; σ^2pe : variance de l'environnement permanent; σ^2e : variance résiduelle; σ^2p : variance phénotypique.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Performances de reproduction des chèvres locales

Les performances de reproduction de la chèvre locale montrent des potentialités très variables sous les conditions d'élevage pastoral. Certes, les performances moyennes affichent des valeurs faibles mais justifiables pour un groupe animal rustique adapté aux conditions arides. Certes, un léger effort d'amélioration des conditions d'élevage, associé à un programme de sélection approprié à cette ressource génétique adaptée et à son -milieu aride, permettront d'extérioriser des niveaux de productions et de reproductions sensiblement plus élevés. Les performances de reproduction de la chèvre locale sont présentées dans le tableau 1 et qui sont cités par Atoui *et al.*, (2018).

Les résultats obtenus sont considérablement plus élevés à ceux rapportés dans la bibliographie relative aux caprins (Singh *et al.*, 2002) pour la chèvre du Bengale noir (Roy *et al.*, 2007) pour les chèvres Saanen. Toutefois, l'absence d'enregistrement des avortements et des saisons stériles peuvent expliquer, en partie, de tels indices qui reflètent la maîtrise de la conduite plus que les aptitudes génétiques de la population. La TP relativement petite semble être le résultat direct du long processus de sélection naturelle dans des conditions arides (Atoui *et al.*, 2008). En effet, la population locale doit avoir un comportement productif cohérent avec les ressources locales sur les parcours et le système d'élevage extensif pastoral. Les chèvres ne peuvent pas se soucier d'une grande TP en raison des plusieurs ressources environnementales restrictives et irrégulières.

En outre, les performances laitières réduites ne permettent pas de nourrir plus qu'un ou deux chevreaux par an, comme s'était discuté lors de l'étude des poids aux âges types. Ainsi, une taille de portée réduite des chèvres locales représente une adaptation génétique à l'environnement naturel et technique de la reproduction pastorale dans les régions arides (Najari, 2005); il vaut mieux assurer la réussite de la gestation avec une portée réduite que de risquer l'avortement avec des fœtus multiples. Cependant, dans les modes de reproduction intensive, la TP des chèvres locales est passée à une moyenne plus élevée illustrant les capacités de la population locale à valoriser les ressources autorisées (Najari *et al.*, 2007a).

Sélection des modèles

Deux modèles uni et Bi-varié ont été utilisés pour l'évaluation des caractères de reproduction des chèvres locales. La description des modèles avec le Log L correspondant et les critères d'information AIC sont présentés dans le tableau 2.

Le modèle Bi-varié (2) présente la faible valeur de AIC (Tableau 2) ce qui suggère que ce modèle est le plus adéquat pour modéliser les performances de reproduction de la chèvre locale. Le modèle Bi-varié (3) était le pire modèle de tous les modèles considérés pour les deux critères.

Influence du modèle d'analyse sur l'estimation des paramètres génétiques

Les estimations des composantes de la variance et des paramètres génétiques des caractères reproductifs obtenues à partir des différents modèles figurent dans le tableau 3.

Tableau 1: Statistiques descriptives des performances reproductives des chèvres locales (Atoui *et al.*, 2018)

Variables	IMB (Mois)	TP (Chevreaux nés)
Minimum	9,04	1
Maximum	37,8	3
Moyenne	13,8	1,33
Écart type	5,20	0,49
Coefficient de variation (%)	38	37

IMB: Intervalle entre deux mises bas successives; TP: Taille de la portée à la mise bas.

Tableau 2: Critères de comparaison entre les modèles d'analyse des performances de reproduction

Modèles		-2logL	AIC
Modèles uni -variés	Modèle 1	2622	2630
	Modèle 2	2619	2627
	Modèle 3	2618	2630
Modèles Bi-variés	Modèle 1	2618	2630
	Modèle 2	2615	2627
	Modèle 3	2614	2632

AIC: Critère d'Information d'Akaike, LogL: Logarithme de la Vraisemblance du modèle

Tableau 3: Estimation des composantes de la variance et des paramètres génétiques des performances de reproduction

Modèles		σ_a^2 IMB	σ_{pe}^2 IMB	σ_a^2 TP	σ_{pe}^2 TP	h_d^2 IMB	h_d^2 TP
Modèles uni -variés	Modèle 1	5,07	0	0,074	0	0,152	0,310
	Modèle 2	0	3,86	0	0,070	0	0
	Modèle 3	3,83	2,12	0,018	0,053	0,115	0,078
Modèles Bi-variés	Modèle 1	5,80	0	0,075	0	0,173	0,314
	Modèle 2	0	4,01	0	0,070	0	0
	Modèle 3	4,02	2,12	0,019	0,053	0,120	0,081

σ_a^2 (Variance génétique additive), σ_{pe}^2 (variance environnementale permanent), h_d^2 (héritabilité directe)
IMB (Intervalle entre deux mises bas successives), TP (Taille de la portée à la mise bas).

Les variances génétiques directes sont principalement plus élevées en utilisant le modèle uni-varié que le modèle Bi-varié. L'amplitude de la variance environnementale de la TP est minime; il est d'environ la moitié de la valeur de l'effet génétique direct. Les estimations de la variance environnementale obtenues sont les mêmes pour les deux modèles (uni et bi-variés). Les héritabilités enregistrées à partir du modèle uni-varié sont légèrement inférieures aux estimations issues du modèle Bi-varié.

Les faibles estimations d'héritabilité obtenues sont principalement dues à la plus grande influence des effets environnementaux, puisque la variation génétique semble être significative (Greyling, 2000). Les phénotypes de reproduction de la population locale, estimés dans des conditions irrégulières, semblent être affectés par divers facteurs physiologiques plutôt que par l'effet génétique direct tel qu'adopté pour la production intensive et les races d'élevage sélectionnées (Najari, 2005). Cependant, ce résultat n'est pas en accord avec ceux issus de certaines études antérieures où les héritabilités obtenues avec l'uni variés sont inférieures à celles obtenues par le modèle Bi-variés chez d'autres animaux (Hanenberg *et al.*, 2001).

Les estimations des variances génétiques directes (cas du modèle uni-varié «3»), ayant les valeurs de 3,83 et 0,018, respectivement pour l'IMB et la TP, sont en accord avec la littérature (Hamed *et al.*, 2009). Des estimations similaires et faibles (2,83 et 0,053 respectivement pour l'IMB et la TP) des variances phénotypiques ont été rapportées par (Land, 1978).

Les estimations d' h^2 obtenues par un modèle Bi-varié (modèle «3») sont respectivement 0,12 et 0,081 pour l'IMB et la TP. Ces valeurs sont en accord avec les estimations rapportées par (Land, 1978). L'héritabilité d'IMB est estimée à 0,12. Ce résultat paraît supérieur à 0,04 rapporté par (Odubote, 1996). Singh *et al.*, (2002) a mentionné que les faibles estimations de l'héritabilité d'IMB peuvent être attribuées à la mauvaise qualité des pâturages sur lesquels le troupeau est maintenu, et qui ne permette pas l'expression complète du potentiel reproducteur; ce qui entraîne ainsi une variance environnementale élevée.

L'estimation d'héritabilité du TP (0,31) obtenue dans cette étude (cas du modèle Bi-varié «1») est en accord avec les résultats de (Devendra, 1984) pour la chèvre Alpine en France et la chèvre du Bengale noir en Inde, (Hamed *et al.*, 2009) pour les chèvres Zaraïbi en Égypte. Land (1978) a trouvé une moyenne de 0,1 chez les ovins. Falconer (1989), a souligné que l'héritabilité est une propriété du caractère d'une population et des circonstances environnementales auxquelles les animaux sont soumis. Ainsi, toute modification des composants de la variance changera l'estimation de l'héritabilité. Cela pourrait expliquer les différences dans les estimations de l'héritabilité obtenue dans les différentes études.

Les estimations de l'héritabilité pour les caractères reproductifs dans cette étude sont moyennement faibles, ce qui indique qu'une sélection précise basée sur la performance propre de la chèvre, pour améliorer ces caractères de reproduction, nécessitera des informations provenant d'un grand nombre de mises bas. Pour en remédier, certains auteurs suggèrent l'utilisation de la sélection indirecte comme moyen à utiliser (Boujenane *et al.*, 2013). Ce qui nécessite une seconde investigation basée sur l'évaluation des différentes corrélations entre plusieurs variables.

En outre, les caractères, qui pourraient être utilisés comme critères de sélection pour améliorer indirectement les caractères de reproduction de la chèvre, devraient être étudiés. Najari (2005) considère que dans les milieux arides, le phénotype exprime essentiellement les effets de l'environnement, plutôt que le génotype comme c'est le cas adopté comme hypothèse de la génétique quantitative. Davantage d'études et de bases de données plus larges et précises sont nécessaires pour identifier le véritable comportement génétique de ces ressources génétiques pour cet environnement aride.

CONCLUSION

Il paraît essentiel de considérer qu'au niveau du modèle animale, l'ensemble des effets génétiques et environnementaux, susceptibles d'intervenir sur le déterminisme des caractères reproductifs. Ainsi, le choix de modèle d'analyse est décisif pour une bonne estimation des paramètres génétiques. Ces derniers constituent la source d'information la plus importante dans la sélection animale. Ils permettent de caractériser la population étudiée, de choisir la meilleure méthode de sélection d'animaux et d'estimer le progrès génétique attendu. De plus, La variabilité génétique détectée dans la population étudiée permet d'espérer la mise en place des programmes d'amélioration génétiques pour les caractères reproductifs au sein de cette population rustique.

RÉFÉRENCES

- Atoui A., Carabaño M.J., Najari S. (2018). Evaluation of a local goat population for fertility traits aiming at the improvement of its economic sustainability through genetic selection. *Spanish. J. Agri. Res.*, 16:e0404, pp7.
- Boujenane I., Oûkhi A., Sylla M., Ibelbachyr M. (2013). Estimation of genetic parameter and genetic gains for reproductive traits and body weight of man ewe. *Small Rum. Res.*, 113: 40-46.
- Bouix J. (1992). Adaptation des ovins aux conditions de milieu difficiles. *INRA, Production animales*, 179-184.
- Devendra C (1984). Prolific breeds of goat. In Genetics of Reproduction in Sheep. In: Genetics of reproduction in sheep. Land RB & Robinson DW (Eds), 65-69. Butterworths, London.
- Falconer DS (1989). Introduction to Quantitative Genetics. Longman Press, Essex, U.K.
- Greyling J (2000). Reproduction traits in the Boer goat doe. *Small. Rumin. Res.*, 36:171-177.
- Hamed A., Mabrouk M., Shaat I., Bata S. (2009). Estimation of genetic parameters and some non genetic factors for litter size at birth and weaning and milk yield traits in Zaraïbi goats. *Egyptian. J.Sci.*, 4: 55-64.
- Hanenberg E.H.A.T., Knol E.F., Merks J.W.M. (2001). Estimates of genetic parameters for reproduction traits at different parities in Dutch Landrace pig. *Livestock. Prod. Sci.*, 69: 179-186.
- Khaldi G., Boichard D., Tchamitchain L. (1987). Étude des facteurs de variation des paramètres de croissance des agneaux de race Barbarine. *Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie*, 60: 5-18.
- Land R.B (1978). Reproduction in young sheep: some genetic and environmental sources of Variation. *Small. Rumin. Res.*, 52: 427-436.
- Misztal I., Tsuruta S., Strabel T., Auvray B., Druet T., Lee D.H. (2002). BLUPF90 and related programs (BGF90). In 7th WCGALP, Montpellier, France, 28-07.

Najari S., Gaddour A., Ouni M., Abdennabi M., Ben Hamouda M.(2007a). Non genetic factors affecting local kids' growth curve under pastoral mode in Tunisian arid region. *J. Bio. Sci.*, 7: 1005-1016.

Najari S (2005). Caractérisation zootechnique et génétique d'une population caprine. Cas de la population caprine locale des régions arides tunisiennes. Thèse de doctorat d'Etat. Institut National Agronomique, Tunisie., 214 p.

Odubote IK (1996). Genetic parameters for litter size at birth and kidding interval in the West African Dwarf goats. *Small Rumin. Res.*, 20: 261-265.

Piles M., Garcia M.L., Rafel O., Ramon J., Baselga M. (2006). Genetics of litter size in three maternallines of rabbits: repeatability versus multiple-trait models. *J. Anim. Sci.*, 84:2309-2315.

Roy N., Ishwar A.K., Singh S.K. (2007). Reproductive performance of Black Bengal goats. *Small Rumin. Res.*, 13: 84-85.

Singh S., Rana Z. S., Dalal D.S. (2002). Genetic and non-genetic factors affecting reproductive performance of Beetal, Black Bengal and their reciprocal crosses. *Indian. J Anim. Res.*, 36: 64-66.