

INFLUENCE DU CALIBRE DE TUBERCULES-MÈRES SUR LA CROISSANCE DE LA PARTIE AÉRIENNE ET LE RENDEMENT CHEZ QUATRE VARIÉTÉS DE POMME DE TERRE (*SOLANUM TUBEROSUM* L).

R. BENNIOU (1), A. BENAMARA (2), A. BOUJENOUIA (3)

(1) - Département d'Agronomie-Université Mohamed Boudiaf de M'sila. BP 664 Sétif 19000.

Email: rbenniou@yahoo.fr

(2) - Institut National Agronomique d'Alger.

(3) - Université Farhat Abbès, Sétif.

RÉSUMÉ

Il est établi que le calibre de tubercule-mère peut influencer de manière considérable la croissance de la partie aérienne. L'objectif de cette étude de comportement, menée sur deux années, consiste à tester la combinaison de l'effet de la grosseur du tubercule-mère à trois niveaux : 45/55, 35/45 et 28/35 chez quatre variétés de pomme de terre : Désirée, Nicola, Diamant et Chieftain, sur la croissance de la partie aérienne et le rendement en tubercules dans les conditions agro-climatiques de la région de Sétif. Les résultats obtenus ont montré un effet favorable de tubercule-mère sur les paramètres étudiés. Deux tiers du nombre de germes sont parvenus à se développer en tiges principales. Ceci est en fonction de la grosseur du tubercule-mère, d'une part, des potentialités génétiques propres à chaque variété et à l'état physiologique des plants, d'autre part. Un tubercule âgé physiologiquement est ainsi capable de former un plus grand nombre de germes. La croissance de la partie aérienne en fonction du calibre du tubercule-mère est sous l'influence des conditions climatiques et des potentialités de la variété. Les variétés tardives et demi-tardives donnent des tiges plus hautes surtout sous des températures et longueurs de jours élevés. La grosseur du tubercule-mère a un effet significatif sur le poids frais de la masse végétative et sur le rendement total en tubercules. Ce dernier est aussi corrélé positivement avec le nombre de tiges produites par plant. Par contre, il est corrélé négativement avec la hauteur et le poids des tiges.

Mots clés : Variété, Calibre, Tubercule-mère, Climat, Croissance, Partie aérienne, Rendement.

SUMMARY

It is established that the mother-tubercle's caliber can influence in a great manner, the aerial part growth. The main objective of this work consists to test the effect of the mother-tubercle's size at three different levels (45/55, 35/45 and 28/35) on the growth and aerial part development in potatoes. This comportment study was realized along two years, on four varieties of potatoes (Desiree, Diamant, Nicola and Chieftain) under the agro-climatic conditions of Setif region. The obtained results show a favorable effect for mother- tubercle's caliber on the studies parameters. Two third of germs number was been managed to develop in principal stems. This is according to the mother-tubercle's size on the one hand, and to the genetic potentialities own of each variety's and to physiological plant state on the other hand. The physiologically old tubercle is in this way able to form a great number germ. The development and the aerial part growth according to the mother's tubercle is under the influence of the climatic conditions and the varieties potentialities. The late and the half-late varieties produce the higher stems especially in the high temperatures and the long days. The mother-tubercle's size has a significant effect on the fresh weight of the vegetative mass and on the total yield of tubercles, which is positively correlated with the stems number produced by plant. On the other hand, it is negatively correlated with the stems height and the mass.

Key words : Varieties, Caliber, Mother's-tubercle, Climate, Growth, Aerial part, Yield.

INTRODUCTION

Dans l'éventail des règles visant à augmenter le niveau de la production de la pomme de terre, le volet technique se présente comme un facteur de performance d'une grande importance ; ce dernier vise surtout la détermination de l'unité optimale de plantation. Le rendement de cette culture dépend également des conditions de croissance, du potentiel génétique, de l'état sanitaire et de l'âge physiologique des plants. De nombreux essais sur les techniques culturales (date, densité de plantation, etc.) ont montré que le calibre de plantation peut influencer, de manière considérable sur le rendement et la qualité de la culture de pomme de terre (REUST *et al.*, 1982 ; SIERT et WIERSEMA, 1987 ; VAN DER ZAAG, 1989 et OULD RAMOUL, 1990). Il est d'une grande importance tant sur le plan agronomique qu'économique. Le choix du calibre est généralement effectué selon plusieurs critères tels que le mode de stockage, le type de culture, le type de production, la zone de production, etc.

Cette étude consiste à tester l'influence du calibre de plantation sur la croissance de la partie aérienne et le rendement en tubercules chez quatre variétés de pomme de terre dans les conditions agro-climatiques des Hautes-Plaines de Sétif. On s'intéressera essentiellement à la relation qui existe entre le nombre de germes et le nombre de tiges principales produits par calibre de plantation. Egalement, la relation qui existe entre le rendement total des tubercules à l'hectare, le nombre de tiges principales, la hauteur des tiges et le poids frais de la partie aérienne.

Selon CAMBLIN *et al.*, (1984) et GRISON (1991), le nombre et le calibre des tubercules formés par plante sont surtout déterminés par le nombre de tiges de la plante, lui-même étant fonction du nombre de germes, qui sont eux

mêmes fonction du calibre de plant ; un gros tubercule est susceptible de donner dans les conditions normales plus de germes que le petit tubercule. Aussi, VAN DER ZAAG (1982 et 1983) signale qu'une différence du calibre des plants peut mener à des différences du nombre de tiges, du taux de la levée et de la croissance foliaire.

Le nombre de germes susceptibles de se développer sur un tubercule dépend de plusieurs facteurs : des potentialités génétiques de chaque variété, de l'âge physiologique des plants, de leur état sanitaire, des conditions de conservation et de la pré-germination (ELLISSECHE et PERENNEC, 1987).

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Trois calibres de plantation ont été testés chez quatre variétés de pomme de terre. L'expérimentation a été réalisée sur deux années au niveau du Centre National de Développement de la Pomme de Terre de Guellal à Sétif.

Les plants devant servir à l'expérimentation ont été triés en trois calibres à l'aide d'un calibre. Les plantations ont été effectuées le 20 et 10 avril respectivement pour la première et deuxième année (figures 1/a et 1/b) à l'aide d'une planteuse semis-automatique à deux rangs, à une densité de 53 300 tubercules/hectare soit une seule densité de plantation (25 x 75 cm) et à une profondeur de 6 à 7 cm. Les traitements étaient disposés sur le terrain selon la méthode des blocs complètement randomisés avec quatre répétitions comprenant quatre variétés : Désirée, Diamant, Nicola et Chieftain, et trois calibres : 45/55, 35/45 et 28/35. Chaque parcelle élémentaire occupait une surface de 18 m et comprenait 104 tubercules. Les extrémités de l'essai ont été plantées, afin de limiter les effets de bordure.

L'évolution de la croissance végétative a été observée en effectuant des prélèvements suivant des intervalles de 8 à 10 jours ; les mesures ont porté sur 5 plants par parcelle élémentaire, l'unité d'analyse est la parcelle élémentaire. Ces arrachages ont eu lieu à partir du 42^{ème} et 60^{ème} jour de plantation, respectivement pour la première et la deuxième année. Le comptage du nombre de tiges a concerné les tiges partant du tubercule-mère. La hauteur des tiges est mesurée à partir du niveau du sol sur la base de la plus longue tige. Les pesées du poids de la partie aérienne ont été réalisées juste après les prélèvements afin d'obtenir le poids frais.

Le rendement total à l'hectare a été estimé à partir du produit d'un billon de six mètres sur lequel aucun prélèvement n'a été effectué au préalable, selon CONSTANT 1988 et 1990. L'analyse de la variance et de corrélation a été faite à l'aide du logiciel stat. ITCF- version 3.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Relation entre le nombre de germes et le nombre de tiges principales

Les résultats obtenus montrent qu'indépendamment de la variété, plus de deux tiers du nombre de germes sont parvenus à se développer en tiges principales (tableau I) ; cela est en fonction de la grosseur des plants, le calibre 45/55 émet plus de germes et de tiges que le calibre 35/45 et 28/35 mm (figure 2). Selon GRISON (1991), un tiers seulement du nombre de germes parviendront à se développer. Mais, la relation tiges-calibres ne semble pas être proportionnelle, c'est-à-dire qu'une augmentation de 10 mm d'un calibre à l'autre ne conduit pas automatiquement à une augmentation similaire du nombre de tiges (tableau II). Par contre, pour un même poids, nous avons enregistré que le nombre de tiges produites est plus élevé dans le petit calibre (28/35) par rapport au moyen et gros calibre (tableau III) ; ceci est confirmé par BURTON (1966) ; ALLEN (1978) et VAN DER ZAAG (1989).

Indépendamment du calibre, on trouve que chacune des variétés donne des résultats correspondants à ses potentialités génétiques ; la variété Nicola a émis plus de germes que les autres variétés, par contre, elle se différencie par un taux de réalisation en tiges principales faible (tableau I). Chez les variétés Désirée et Diamant, le taux de réalisation est élevé et la plupart des germes émis par la plante se transforment en tiges principales. La variété Chieftain, si elle produit un nombre de germes par plant moyennement élevé, sa capacité d'émettre des tiges principales par plant est par contre faible (tableau I).

L'effet année, montre que la moyenne du taux de réalisation des tiges à partir des germes est élevé (78 %) dans les conditions photothermopériodismes (figures 1/a et 1/b) élevées de la deuxième année, par rapport à celle de la première année (71 %). De ce fait, le nombre de germes produits par plant peut fournir une indication sur le nombre de tiges que possédera la plante et leur développement en tiges principales ; ceux-ci dépendent également de la variété et des facteurs externes. Les germes comptabilisés ne donnaient pas obligatoirement des tiges principales (PERENNEC, 1980 et GRISON, 1991).

Concernant l'état physiologique des plants et en admettant que le volume de tubercules de chacune de ces variétés à la récolte soit en relation avec l'époque de leur formation, on pourrait penser que leurs âges physiologiques sont également différents (KELLER *et al.*, 1961 ; REUST et WINIGER, 1982 in REUST, 1982). Ainsi, la variation annuelle du nombre de tiges par plant, supérieure en première année (5,81) par rapport à la deuxième année (4,43), a vraisemblablement pour origine des différences dans l'état physiologique des plants utilisés, puisque un tubercule âgé physiologiquement, est capable de former un plus grand nombre de germes.

Croissance de la partie aérienne

Les résultats obtenus (tableau IV et V) et les histogrammes illustrés par la figure 3, montrent que la croissance de la partie aérienne est sous l'influence des conditions climatiques, des potentialités de chaque variété et de la grosseur des tubercules.

Liées à la grosseur du calibre, les variétés tardives et demi-tardives donnent des tiges plus hautes surtout dans les conditions saisonnières élevées. Ces observations sont confirmées par plusieurs auteurs qui soulignent que les variétés tardives ont une croissance plus importante que les variétés précoces.

L'analyse de la variance montre que la grosseur du plant a un effet très hautement significatif au seuil de 1 % (tableau VII) sur le poids frais de la masse végétative. Même résultat pour toutes les combinaisons effectuées entre les différents facteurs. Cela est dû au comportement de chacune des variétés étudiées vis-à-vis de la variabilité de la longueur du jour ; qui devient longue à partir de la deuxième décade du mois du mai (13 h 56') et les températures élevées enregistrées essentiellement durant les mois de mai, juin et juillet (20.65, 27.45 et 27.45), en deuxième année et (15.45, 18.55 et 23.20) en première année.

Les combinaisons calibres-variétés montrent que les gros calibres (45/55) de Nicola, Diamant et Désirée donnent respectivement des masses végétatives plus élevées en comparaison aux moyens (35/45) et petits calibres (28/35) à l'exception de Chieftain, qui présente une différence plus au moins faible d'un calibre à l'autre ; cet écart est presque nul en première année. La variété Chieftain se spécifie en outre par un cycle végétatif plus court et une croissance de l'appareil végétatif moyenne en couvrant moins le sol (tableau V).

L'effet année fait ressortir des différences très hautement significatives au seuil de 1 % (tableau VII) à cause vraisemblablement des températures élevées en deuxième année (figure 1/a et 1/b). Les rapports calculés entre le poids total de la partie aérienne de la deuxième année sur celui de la première année sont par ordre décroissant : 2,32 ; 2,23 ; 2,15 et 1,38 respectivement pour Nicola, Diamant, Désirée et Chieftain.

Le poids de chaque tige varie indépendamment des variétés d'un calibre à un autre (tableau VI) ; le calibre 28/35 présente des tiges à un poids nettement supérieur par rapport aux calibres 35/45 et 45/55. En effet, plus le nombre de tiges est élevé plus le poids de chaque tige est faible et vice versa.

Rendement total des tubercules

Le calibre des tubercules-mères a un effet favorable sur le rendement total estimé. L'analyse de la variance a montré une différence hautement significative au seuil de 1 %. Le rendement avec le calibre 45/55 est plus élevé : 350,89 q/ha par rapport au calibre 35/45 (285,64 q/ha) et 28/35 (230,37 q/ha) comme le montre la figure 4. L'étude des matrices des corrélations (tableau VIII) montre que le rendement total en tubercules est corrélé positivement avec le nombre de tiges. L'augmentation du nombre de tiges conduit à l'augmentation de la production finale en tubercules à l'hectare. Par contre, il est corrélé négativement avec la hauteur, et le poids total des tiges.

L'effet variétal révèle que les variétés, Désirée et Chieftain, à peau rouge présentent des rendements plus élevés que Nicola et Diamant, à peau blanche ; respectivement : 319,22 q/ha, 290,83 q/ha, 287,81 q/ha et 258,01 q/ha.

Aussi, l'effet année ressort à travers l'analyse de la variance une différence hautement significative au seuil de 1 %. Le rendement obtenu en deuxième année : 311,70 q/ha est plus élevé que celui de la première année : 266,53 q/ha ; cela est dû probablement à l'âge physiologique des plants utilisés en première année et en conditions climatiques élevées. Nous pensons que l'avancement de l'âge physiologique des plants en produisant plus de tubercules-fils, a probablement anticipé la maturation des tubercules-fils, ce qui ne leur a pas permis alors d'acquérir une grosseur notable et ce qui, par conséquent, réduit le poids des tubercules.

CONCLUSION

L'analyse des résultats obtenus révèle des différences pour les caractères étudiés entre les différents calibres et variétés en matière de germes et de tiges qui sont très significatives. Les facteurs les plus influents, dont les effets se manifestent par leur émission restent l'âge physiologique et l'aptitude variétale.

Ainsi, il ressort, à partir des relations établies entre le calibre des plants et le nombre de tiges issues de chaque plant, qu'il existe des réponses variétés très différentes d'un calibre à un autre, différences dues aux potentialités génétiques de chacune des variétés.

Aussi, la croissance de la partie aérienne est liée à la grosseur des tubercules-mères. Elle dépend d'une part, des potentialités de chacune des variétés étudiées et des conditions climatiques, d'autre part. En effet, la grosseur des plants des variétés tardives à mi-tardives a donné un développement végétatif très important dans les conditions à température et durée d'ensoleillement élevées, cas de Diamant, Nicola et Désirée.

Par ailleurs, il ressort de cette étude, que le calibre des tubercules-mères a un effet favorable sur le rendement total des tubercules ; ceci demeure en fonction de la variété, de l'âge physiologique et des conditions climatiques.

Références bibliographiques

ALLEN E.J., 1978. Plant density to potato crop, the scientific basis for provement. Ed. Harris, Chapman and Hall ; LANDON ; pp : 358- 391.

BURTON W.G., 1966. The potato, a survey of history and of factors influencing its yield nutritive value quality and storage. Ed. H. Veenman and Zonen N.V. Wageningen; Holland ; pp : 126- 139.

CAMBLIN C., DENICHER P., GRAVOUELLE J.M., 1984. Comment raisonner la densité de plantation, données préliminaires sur les relations nombre de germes, nombre de tiges et nombre de tubercules. Rev. Pomme de terre française ; n° 420 ; pp : 11-16.

CONSTANT B., 1988. Estimation du rendement avant la récolte. Rendement des différents calibres. Revue pomme de terre française n°449 ; pp : 283-294.

CONSTANT B., 1990. Essais de rendement en culture de pomme de terre de la mise en place à l'analyse. Cahier de l'Institut Technique de la Pomme de terre française n° 460, sep-oct ; pp : 211-215.

ELISSICHE D., PERENNEC P., 1987. Densité de plantation et rendement en plants d'une culture de pomme de terre. Revue, Pomme de terre française ; n° 499 ; pp : 98-103.

GRISON C., 1990. La qualité physiologique des plants. *Revue Pomme de terre française* n° 436 ; pp : 7- 10.

GRISON C., 1991. La germination et les relations nombre de germes-nombre de tiges. *Revue Pomme de terre française* n° 463 ; Mars-Avril ; pp : 57-66.

OULD RAMOUL A., 1990. Effet du calibre et de densité de plantation sur le rendement obtenu de la pomme de terre. ITCMI. Staouéli - Alger.

PERENNEC P., 1980. Age physiologique du plant de pomme de terre. Incidence sur la germination et répercussion sur le comportement des plantes. *Potato Res.* n° 23 (1980) ; pp : 183-199.

REUST W., 1982. Contribution à l'opération de l'âge physiologique des tubercules de pomme de terre et étude de son importance sur le rendement. Thèse de doctorat ; pp : 83-92.

REUST W., MUNSTER J., MAGG M., WINGER F.A., 1982. Influence de la durée de prégermination et de l'époque de plantation sur le rendement et la qualité technologique de la pomme de terre ; effet sur le rendement de tubercules et amidon. *Ed. Potato research* 25 ; pp : 189-199.

SIERT G., WIERSEMA S.G., 1987. Influence de la densité de tiges sur la production de pomme de terre. *Bulletin d'information technique, C.I.P* ; pp : 3-11.

VAN DER ZAAG D.E., 1982. La pomme de terre et sa culture aux Pays-Bas. *Institut Consultatif Néerlandais sur la Pomme de Terre* ; pp : 7-35.

VAN DER ZAAG D.E., 1983. Plants de pomme de terre source d'approvisionnement et traitement. *Institut Consultatif Néerlandais sur la Pomme de Terre* ; pp : 1-49.

VAN DER ZAAG D.E., 1989. La plantation, la fumure et la lutte contre les plantes adventices de pomme de terre. Tome 2 ; Ministère de l'Agriculture et de Pêche des Pays-bas.

Tableau I : Relation entre nombre de germes et nombre de tiges principales par plant.

Traitements		Nombre de germes produits/plant		Nombre de tiges produits/plant		% de réalisation des tiges	
Variétés	Calibre	A1	A2	A1	A2	A1	A2
DESIREE	45/55	7.20	5.10	6.10	4.30	84.72	84.31
	35/45	4.60	4.00	4.60	2.95	100.00	73.75
	28/35	2.90	2.70	2.70	1.90	93.10	70.37
	Moyenne Année	4.90	3.93	4.46	3.03	91.02	77.09
	Moyenne Variété	4.41		3.75		85.03	
DIAMANT	45/55	8.00	5.50	7.20	5.40	87.50	98.18
	35/45	5.60	4.70	4.30	4.65	76.78	98.93
	28/35	3.90	3.30	3.10	3.10	79.48	93.93
	Moyenne Année	5.83	4.50	4.86	4.38	82.33	97.30
	Moyenne Variété	5.16		4.62		89.83	
NICOLA	45/55	8.70	6.90	5.20	4.30	59.77	62.31
	35/45	6.80	4.70	3.65	3.20	53.67	68.08
	28/35	5.10	3.10	2.65	2.25	51.96	72.58
	Moyenne Année	6.86	4.90	3.83	3.25	55.83	66.32
	Moyenne Variété	5.88		3.54		61.07	
CHIEFTAIN	45/55	7.40	5.40	3.65	4.00	49.32	74.07
	35/45	5.50	4.20	3.05	2.75	55.45	65.47
	28/35	4.00	3.60	2.30	2.65	57.50	76.61
	Moyenne Année	5.63	4.40	3.00	3.13	53.28	71.13
	Moyenne Variété	5.01		3.07		62.20	

Légende : A1 : première année, A2 : deuxième année.

Tableau II : Relation nombre de tiges et calibre de tubercules-mères.

VARIETES	DESIREE		DIAMANT		NICOLA		CHIEFTAIN	
CALIBRES	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
45/55	6.10	4.30	3.65	4.00	5.20	4.30	7.20	5.40
35/45	4.60	2.95	3.05	2.75	3.65	3.20	4.30	4.65
28/35	2.70	1.90	2.30	2.65	2.65	2.25	3.10	3.10
Moyenne Année	4.46	3.30	3.00	3.13	3.83	3.25	4.86	4.38
Moyenne Variété	3.75		3.07		3.54		4.62	

Tableau III : Relation nombre moyen de tiges produites et le poids moyen des tubercules-mères.

Traitements	Nombre moyen de tiges produites/plant		Poids moyen de tubercules-mères (g)		Rapport nombre de tiges/poids de tubercules-mères	
	A1	A2	A1	A2	A1	A2
45/55	5.53	4.50	101.25	102.50	5.40	4.39
35/45	3.90	3.38	60.00	65.00	6.50	5.20
28/35	2.68	2.47	30.50	31.50	8.78	7.84

Tableau IV : Hauteur maximale des tiges (cm).

Variétés	DESIREE		DIAMANT		NICOLA		CHIEFTAIN		MOYENNE	
Calibres	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
45/55	57.6	86.0	51.2	93.0	58.1	80.0	41.1	75.2	52.0	83.6
Moyenne Année	71.8		72.1		69.0		58.1		67.8	
35/45	56.5	82.7	49.0	88.7	48.7	67.7	40.1	65.0	48.6	76.1
Moyenne Année	69.6		68.9		58.2		52.5		62.3	
28/35	54.2	75.7	48.9	88.0	45.0	59.2	38.7	53.5	46.7	69.1
Moyenne Année	65.0		68.5		52.2		46.1		57.9	
Moy. Année	56.1	81.5	49.7	89.9	50.6	69.0	40.0	64.6	49.1	76.2
Moy. Variété	68.8		69.8		59.8		52.3		62.7	

Tableau V : Poids frais du feuillage par plant (g).

Variétés	DESIREE		DIAMANT		NICOLA		CHIEFTAIN	
Calibres	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
45/55	460.1	730.7	319.1	892.0	341.1	815.7	207.3	552.0
35/45	386.1	557.7	289.2	693.2	275.1	705.5	191.8	420.2
28/35	357.1	366.7	281.4	395.2	270.8	534.5	191.4	300.0
Moyenne Année	401.1	551.7	296.5	660.2	295.7	685.2	196.8	424.2
Moyenne Variété	476.4		478.4		490.4		310.5	

Tableau VI : Poids moyen de chaque tige (g).

Variétés	DESIREE		DIAMANT		NICOLA		CHIEFTAIN	
Calibres	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
45/55	47.19	59.41	40.13	66.10	49.44	71.56	41.05	70.77
35/45	55.15	53.63	44.84	76.18	47.84	76.68	47.94	72.46
28/35	86.04	59.15	59.87	76.10	66.86	82.23	51.73	75.12
Moyenne Année	57.54	57.47	46.63	71.76	53.08	78.88	46.31	72.40
Moyenne Variété	57.50		59.20		50.10		59.35	

Tableau VII : Analyse de la variance du rendement à l'hectare.

VARIABLES	SCE	DDL	C.M	TEST. F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTAL	403467,50	95	4247,03				
VAR. FACT 1	45076,19	3	15025,40	21,00	0,0000		
VAR. FACT 2	232917,63	2	116458,81	162,73	0,0000		
VAR. FACT 3	48326,34	1	48326,34	67,53	0,0000		
VAR. FACT 1.2	10514,63	6	1752,44	2,45	0,0331		
VAR. FACT 1.3	13224,03	3	4408,01	6,16	0,0000		
VAR. FACT 2.3	105,91	2	52,95	0,07	0,9283		
VAR. FACT 1.2.3	3482,66	6	580,44	0,81	0,5664		
VAR. BLOCS	440,88	3	146,96	0,21	0,8926		
VAR. RESIDUELLE 1	49379,25	69	715,64			26,75	9,3 %

Tableau VIII : Résultats de corrélation.

Caractères	R/P	RC/P	NT
RC/P	0,982		
NT	0,672	0,627	
NTU	0,728	0,674	0,905
HT	0,013	0,013	0,178
PT	0,185	0,099	0,281

R/P : Rendement en tubercules par pied ; RC/P : Rendement en tubercules commercialisables par pied ;

NT : nombre de tiges par pied ; NTU : nombre des tubercules par pied.

Seuils de signification : 5 % : 0,3809 ; 1 % : 0,4869.

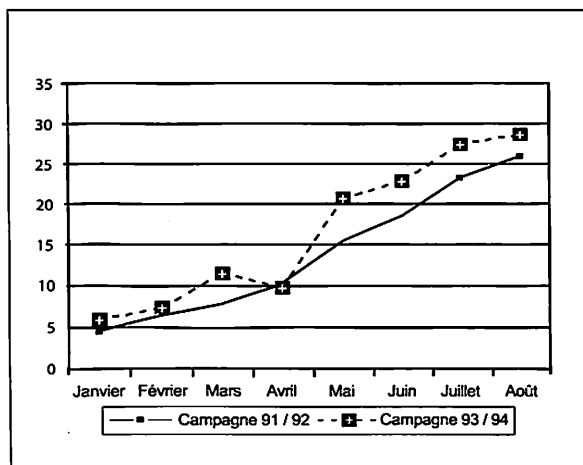


Figure 1/a : Relevés des températures (°C) d'heures.

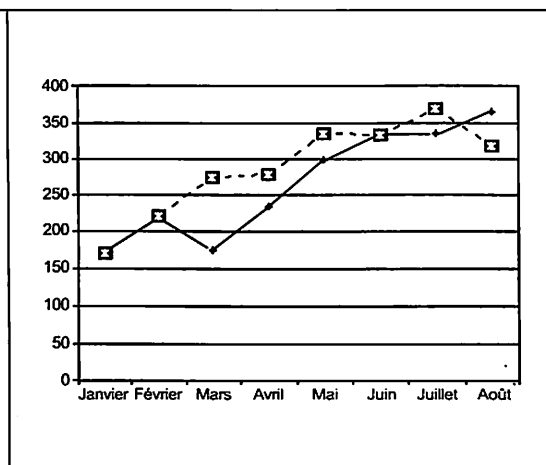


Figure 1/b : Relevés du nombre d'enso-leillement par mois (U : heure et 1/10 mn).

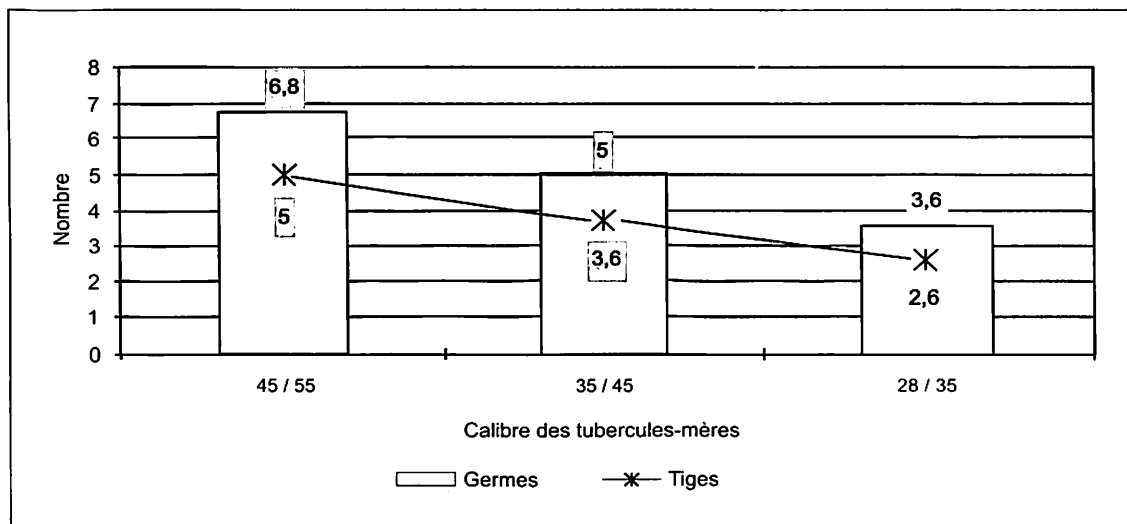


Figure 2 : Relation entre le nombre de germes et le nombre de tiges par calibre

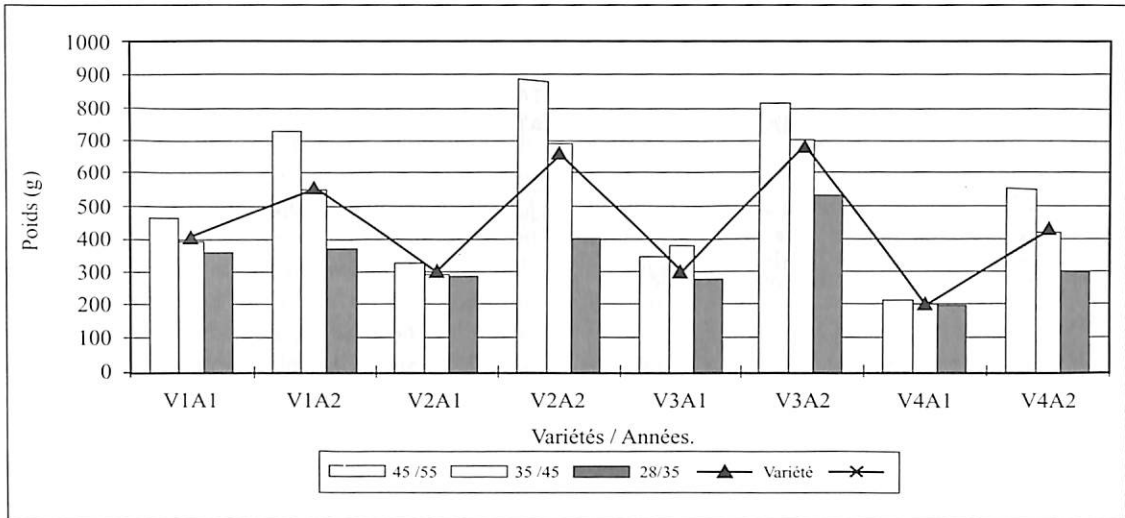


Figure 3 : Poids moyen des tiges par variété et par année.

Légende : V1 : Désirée, V2 : Diamant, V3 : Nicola, V4 : Chieftain.
A1 : première année, A2 : deuxième année.

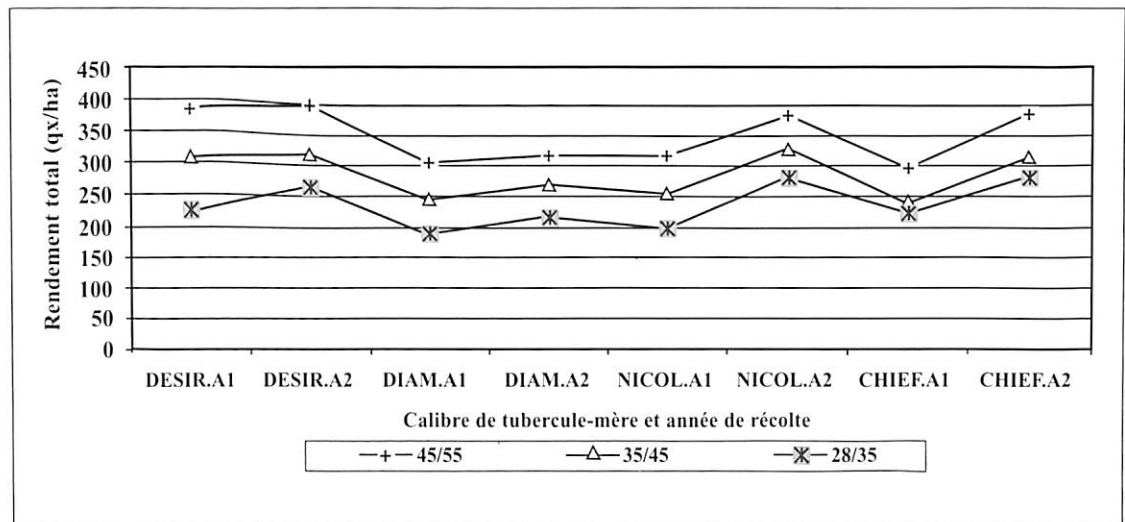


Figure 4 : Rendement total de tubercules par variété.

ETUDE GÉNÉTIQUE DE DEUX POPULATIONS OVINES (HAMRA ET OULED-DJELLAL) : CARACTÉRISATION PAR LES MICROSATELLITES

S. GAOUAR (1), K. MOAZAMI-GOUDARZI (2), N. TABET-AOUEL (1), A. DERRAR (3), R. AIT-YAHIA (3), N. BOUSHABA (3), M. AOUISSAT (4), L. DHIMI (5), N. SAIDI-MEHTAR (1).

- (1) - Laboratoire de biologie moléculaire et génétique, Université d'Oran, Algérie.
- (2) - Laboratoire de génétique biochimique et cytogénétique, INRA de Jouy-en-Josas, Paris, France.
- (3) - Laboratoire de génétique moléculaire et cellulaire, USTO, Oran, Algérie.
- (4) - ITLV de Aïn El-Hadjjar, Saïda, Algérie.
- (5) - ITLV de Aïn M'Lila, Constantine, Algérie.

RÉSUMÉ

Ce travail est une contribution à la caractérisation génétique de deux races ovines algériennes (Hamra et Ouled-Djellal) par l'étude du polymorphisme de l'ADN pour 12 microsatellites en utilisant le séquenceur automatique précédé d'une amplification *in vitro* des ADN par PCR. Les résultats obtenus ont permis d'avoir une première estimation de la variabilité génétique de ces deux races, basée sur le nombre d'allèles observés et leurs fréquences dans les populations étudiées. La race Ouled-Djellal apparaît comme plus polymorphe avec un nombre d'allèles de 125 par rapport à la race Hamra qui présente 104 allèles. La capacité identificatrice des marqueurs microsatellites, déduite de la comparaison des deux races, reste relative et ne prendra sa pleine signification qu'après extension de cette étude aux autres races locales.

Mots clés : Populations ovines, Microsatellites, Polymorphisme, Caractérisation génétique.

ملخص

عملنا هذا هو مساهمة في التشخيص الوراثي لسلالتين من الضأن الجزائري (أولاد جلال و الحمراء) و هذا بدراسة التنوع الصنفي على الـ ADN (الحمض الريبي النووي المنقوص الأكسجين) بـ 12 موسم من نوع الميكروستلات (microsatellites) و هذا باستخدام تقنية جزيئية الـ PCR التي تمكننا من الحصول على تعدد صنفى للـ ADN المدروس متبوعة باستخدام جهاز خاص المشفر (séquenceur) الذي يسمح لنا بتحليل النتائج. النتائج المحصل عليها سمحت لنا بالحصول على نظرة أولية للتنوع الوراثي لهاتين السلالتين على قاعدة عدد الصفات المشاهدة و نسبتها عند المجموعات المدروسة. و يتبين لنا من هذه النتائج أن سلالة أولاد جلال أكثر تنوعا (125 صفة) بالمقارنة مع سلالة الحمراء (104 صفة). عندما قارنا السلالتين فيما بينهما تبين لنا أن الموسومات المدروسة لها قدرة تصنيفية لكن هذه الملاحظة تبقى نسبية و تخص هذه السلالتين فقط.

الكلمات المفتاحية : سلالات الضأن، ميكروستلات، التنوع الصنفي، التشخيص الوراثي.

INTRODUCTION

En Algérie, le mouton est le seul animal à pouvoir tirer profit des 12 millions d'hectares de steppe et est la principale source de production de viande. Ce travail a pour objectif d'identifier génétiquement les races ovines indigènes, ce qui permettrait de mieux les préserver et de pallier aux problèmes de perte de la variabilité génétique au niveau des populations étudiées. En effet, l'estimation de la variabilité génétique est un paramètre très important à prendre en considération dans toute stratégie de préservation et/ou de conservation des races. Le but de cette recherche est l'étude de la variabilité génétique des races ovines algériennes : Hamra, Ouled-Djellal, Rumbi, Tâadmit, D'men, Sidaoun (Targuia), Barbarine et Berbère.

Ce travail s'inscrit dans un cadre de recherche scientifique appliqué qui vise à valoriser et améliorer le cheptel ovin autochtone. L'étude est basée sur la recherche du polymorphisme au niveau de l'ADN et la mise en évidence de polymorphismes génétiques particuliers à ces races ovines (en comparaison notamment avec ceux des races françaises et africaines), ce qui devrait permettre de mieux apprécier leur originalité et d'en assurer éventuellement la préservation.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Animaux

Pour chacune des races, nous avons constitué un lot d'une trentaine à une cinquantaine d'animaux non apparentés : 35 pour Hamra et 50 pour Ouled-Djellal. La race Ouled-Djellal aurait été introduite par les Béni-Hilal venus en Algérie au XI^{ème} siècle, du Hidjaz (Arabie). Cependant, les races ovines du Moyen-Orient et d'Asie sont toutes des races barbarines à queue grasse. Pour cette raison, la race Ouled-Djellal à queue fine et laine fine aurait été

introduite plutôt par les romains, grands amateurs de laine, au V^{ème} siècle avant J.C. venant de Tarente en Italie où ce type de mouton existe toujours. Il est d'ailleurs représenté sur les stèles funéraires des ruines de Timgad (CHELLIG, 1992). L'effectif des moutons Ouled-Djellal constitue presque la moitié de l'effectif ovin algérien. Cette race est répartie sur presque l'ensemble du pays, mais on la trouve surtout au Centre et à l'Est. Le mouton Ouled-Djellal est un animal puissant, qui présente un squelette un peu fort, une ligne dorsale bien droite et un rein assez ample. La toison de couleur blanche est souvent courte, descendant jusqu'aux jarrets et aux genoux et s'arrêtant généralement sur la nuque à la limite des cornes. Cette race est considérée comme la principale race pour la production de viande (CHELLIG, 1992).

La race Hamra, dite Béni-Ighil est autochtone d'Afrique du Nord, plus précisément du haut atlas marocain où elle est élevée par la tribu Béni-Ighil. L'effectif de cette race était estimé à 3 millions 200 milles têtes en 1983 (CHELLIG, 1992). Cet effectif a beaucoup diminué ces dernières années ; il est actuellement de l'ordre de 300 milles têtes. Cette diminution est due surtout à l'introduction massive, par les éleveurs, de la race Ouled-Djellal dans le berceau de la race Hamra avec remplacement de cette dernière par Ouled-Djellal. La race Hamra est localisée surtout au niveau de la région Ouest de la steppe jusqu'à la frontière marocaine. Toute en rondeur, elle a une conformation idéale de mouton à viande, et une finesse remarquable de l'ossature. A cause de ses qualités organoleptiques, elle était aussi préférée à toutes les autres races sur le marché de France sous le nom de mouton d'Oranie. Ce mouton, de petite taille, se distingue par une tête et des pattes marron foncé tendant vers le rouge. La laine est blanche avec du jarre allant au brun roux. Les cornes spiralées sont de taille moyenne, la queue est fine et de longueur moyenne (CHELLIG, 1992).

Marqueurs

Pour réaliser cette étude, on a choisi les microsatellites, à cause des nombreuses caractéristiques qu'ils présentent : techniques (manipulation facile) et génétiques (abondance au niveau du génome, polymorphisme important,...). En effet, la caractérisation des microsatellites choisis n'obéissait pas à des conditions techniques très contraignantes ; la seule restriction était qu'ils ne soient pas localisés au niveau de régions chromosomiques très proches les uns des autres, afin de permettre une représentation non biaisée du génome.

Notre sélection de marqueurs moléculaires, à partir de la carte ovine génétique ovine (DE GORTARI *et al.*, 1998), a abouti au choix de 12 microsatellites localisés sur 10 chromosomes différents. La localisation de ces microsatellites est indiquée entre parenthèses : MCM42 (chr.9), OarFCB20 (chr.2), MAF65 (chr.15), TGLA53 (chr.12), MCM527 (chr.5), INRA49 (chr.1), OarFCB11 (chr.2), OarCP49 (chr.17), OarHH56 (chr.20), MAF36 (chr.22), ILSTS05 (chr.7) et CSSM66 (chr.9). Ces microsatellites sont d'origine ovine ou bovine et présentent un nombre d'allèles variant de 9 à 28.

Méthodologie

L'ADN a été extrait par la technique au NaCl (MILLER *et al.*, 1989), car elle présente les avantages suivants : facilité et rapidité de manipulation. Par ailleurs, il n'y a pas de risque d'intoxication par des produits dangereux tel que le phénol. Les microsatellites sont amplifiés par PCR en utilisant des amorces marquées par différents fluorophores ; les allèles sont identifiés par un séquenceur automatique au fur et à mesure de leur migration sur un gel de polyacrylamide dénaturant. Les fréquences alléliques sont calculées par comptage direct ; une analyse très minutieuse des fréquences alléliques obtenues a été réalisée pour déterminer le microsatellite à prendre comme référence pour la caractérisation moléculaire et d'iden-

tification des races l'une par rapport à l'autre, ainsi qu'à l'identification des individus. Concernant le taux d'hétérozygotie, en raison du faible nombre d'animaux typés par microsatellite, seules les valeurs des taux d'hétérozygotie théoriques non biaisées (NEI, 1978) ont été prises en compte. Pour vérifier si les populations étaient en équilibre de Hardy-Weinberg, c'est-à-dire en panmixie, nous avons calculé la valeur du F-statistique (F_{IS}), paramètre qui nous permet de confirmer ou d'infirmer l'équilibre panmixique d'une population pour un caractère donné. En effet, cette valeur est négative ou proche de 0 pour des populations en équilibre. Par contre, elle tend vers 1 en absence d'équilibre (WRIGHT, 1965). Nous avons utilisé le programme Exel (Microsoft, 1997) pour l'ensemble des calculs.

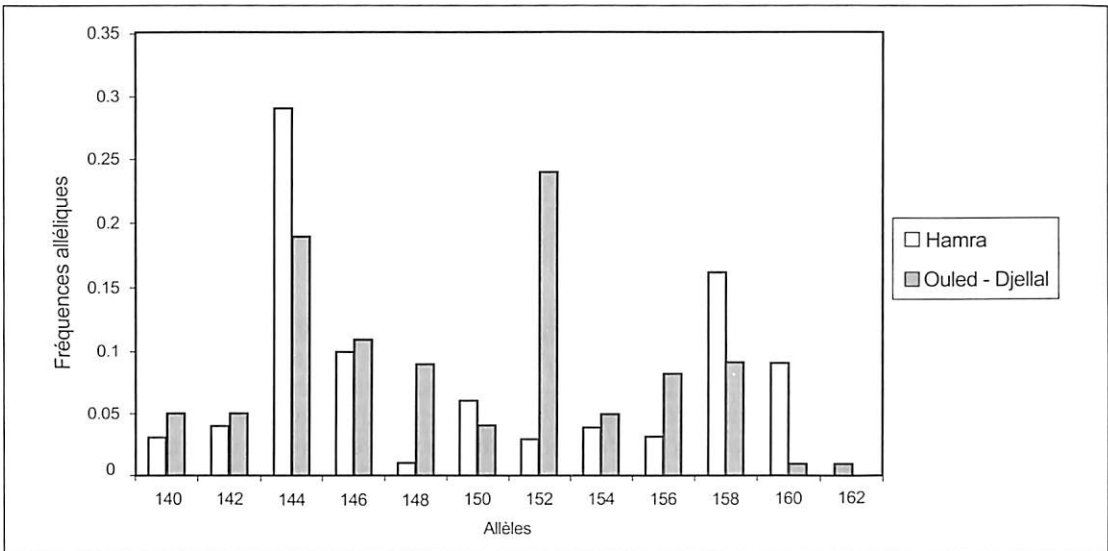
RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus ont permis :

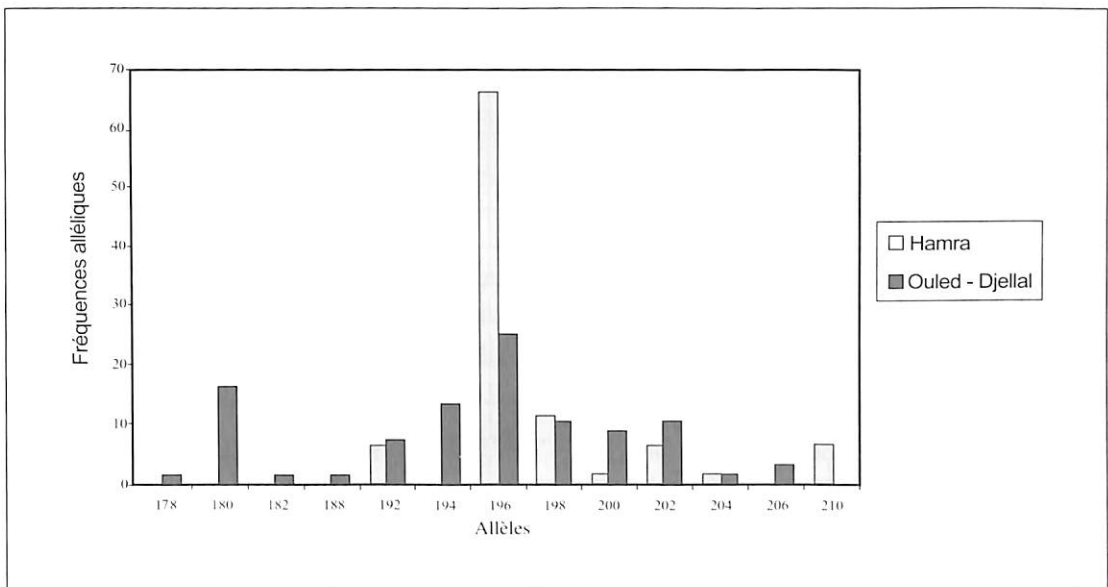
- La mise en évidence d'un nombre important d'allèles différents qui est de 141 allèles au total pour les 2 races et pour l'ensemble des microsatellites : 125 allèles pour la race Ouled-Djellal et 104 allèles pour la race Hamra.
- L'analyse de la distribution de ces allèles, qui a été faite par race (en type d'allèles et en fréquences alléliques), ainsi que la comparaison de ces données chez les 2 races étudiées permet de déterminer le rôle «*identificateur*» de chaque microsatellite vis-à-vis de ces 2 races (population et/ou individu).

En effet, ces microsatellites pourraient être repartis en 2 groupes selon leur pouvoir identificateur :

- a) - ceux qui pourraient jouer un rôle seulement dans l'identification des populations (mêmes types d'allèles mais des fréquences alléliques différentes chez les 2 races et/ou présence d'allèles spécifiques pour chaque race), mais à des degrés différents les uns par rapport aux autres. C'est le cas des microsatellites : MCM42, TGLA53, MAF65, OarCP49, OarFCB11, CSSM66 et OarHH56 (figure 1).

Figure 1 : Histogramme des fréquences alléliques du microsatellite TGLA 53 par race.

b) - ceux qui pourraient jouer un rôle à la fois dans l'identification des populations et l'identification des individus grâce à la présence d'allèles spécifiques pour chaque race. C'est le cas des microsatellites : MCM527, ILSTS05, OarFCB20, INRA49 et MAF36 (figure 2).

Figure 2 : Histogramme des fréquences alléliques du microsatellite ILSTS par race.

- MCM527 : les allèles spécifiques les plus importants sont 178 (13 %) pour la race Ouled-Djellal et 176 (4 %) pour la race Hamra.
- ILSTS05 : les allèles spécifiques les plus importants sont 210 (6,45 %) pour la race Hamra, 180 (16,18 %) et 194 (13,24 %) pour Ouled-Djellal.
- OarFCB20 : l'allèle spécifique le plus important est 115 (11 %) pour la race Ouled-Djellal.
- INRA49 : l'allèle spécifique le plus important est 159 (15 %) pour la race Hamra.
- MAF36 : l'allèle spécifique le plus important est 130 (6 %) pour la race Ouled-Djellal.

Il est évident qu'en raison des faibles fréquences des allèles spécifiques leur présence est indispensable pour l'identification des individus. L'analyse des fréquences génotypiques a permis de constater, d'une part la faible fréquence de certains génotypes et d'autre part l'absence de nombreuses combinaisons génotypiques. Ces résultats sont attendus en raison de la petite taille de l'échantillon de chacune des populations étudiées.

Nous avons aussi remarqué que pour sept microsatellites (MCM527, OarFCB20, INRA49, OarCP49, CSSM66, MAF36 et OarHH56), le génotype le plus fréquent chez la

race Hamra est hétérozygote tandis qu'il est homozygote chez la race Ouled-Djellal. En effet, cette dernière présente un taux d'hétérozygotie moyen ($\overline{hnb}$) légèrement supérieur à celui de la race Hamra (tableau I). Cette observation peut être expliquée par l'hétérogénéité des valeurs des fréquences alléliques de la race Hamra par rapport à celles observées chez la race Ouled-Djellal.

Concernant les fréquences génotypiques, elles n'ont qu'une valeur indicatrice et fournissent une première idée sur les combinaisons génotypiques les plus fréquentes chez ces races. En effet, la petite taille de l'échantillon étudié, et le nombre élevé d'allèles mis en évidence, ne permettent pas de déterminer les fréquences génotypiques réelles. Seules des études réalisées sur des échantillons plus grands, permettront d'estimer avec précision ces fréquences.

Les résultats des tests statistiques indiquent que ces deux races présentent d'une part une grande variabilité génétique pour les 12 marqueurs étudiés (tableau I) et que, d'autre part, elles sont en panmixie, donc en équilibre de Hardy-Weinberg suivant les valeurs du F_{is} moyen qui sont toutes négatives (tableau II).

Tableau I : Valeurs des taux d'hétérozygotie par microsatellite et par race.

Microsatellites		Hamra	Ouled-Djellal	$\overline{hnb}/ms$
MCM 42	hnb	0.588	0.747	0.667
TGLA 53	hnb	0.889	0.88	0.884
MAF 65	hnb	0.743	0.785	0.764
MCM 527	hnb	0.821	0.825	0.823
OarFCB 20	hnb	0.827	0.857	0.842
INRA 49	hnb	0.734	0.637	0.685
OarCP 49	hnb	0.737	0.899	0.843
OarFCB 11	hnb	0.726	0.799	0.777
CSSM 66	hnb	0.819	0.840	0.853
MAF 36	hnb	0.866	0.831	0.826
OarHH 56	hnb	0.640	0.627	0.641
ILSTS 05	hnb	0.546	0.87	0.706
$\overline{hnb}/race$		0.744	0.8	

hnb : taux d'hétérozygotie non biaisé, hnb : taux d'hétérozygotie non biaisé moyen,
ms : microsatellite

Tableau II : Valeurs du F_{is} par microsatellite pour les races Hamra et Ouled-Djellal.

Microsatellites	F_{is} (Hamra)	F_{is} (Ouled-Djellal)
MCM 42	-0.331	-1.985
TGLA 53	-4.365	-3.638
MAF 65	-1.363	-2.55
MCM 527	-2.817	-3.084
OarFCB 20	-2.061	-3.875
INRA 49	-1.656	-0.587
OarCP 49	0.11	-0.029
OarFCB 11	-0.149	0.064
CSSM 66	0.045	0.069
MAF 36	-0.103	0.017
OarHH 56	0.276	0.433
ILSTS 05	0.22	0.28
F_{is} moyen	-1.016	-1.24

Nous disposons donc de 2 échantillons représentatifs de ces 2 races qui pourront être utilisés comme outil de base pour élargir cette étude par :

- l'exploration du génome ovin par un nombre plus élevé de marqueurs microsatellites ;

- l'analyse d'autres races appartenant au cheptel ovin d'Algérie voire d'Afrique du Nord telles que : Tâadmit, Rumbi, D'men, Barbarine, Berbère et Targhia-Sidaoun.

En effet, seuls les résultats de l'étude de l'ensemble des races peut fournir des données intrinsèques de leur pouvoir de caractérisation génétique.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce travail est considéré comme préliminaire car, d'une part il n'a été réalisé qu'avec un nombre moyen de marqueurs (12 marqueurs au

lieu d'un minimum de 20 loci indépendants, TAKEZAKI et NEI, 1996), et d'autre part, il n'a porté que sur la comparaison de 2 races : Hamra et Ouled-Djellal, ce qui a permis de faire une première estimation de la variabilité génétique de ces races et leur comparaison relative, l'une par rapport à l'autre. L'étude de la caractérisation génétique, basée sur l'analyse du polymorphisme de l'ADN est le premier travail effectué sur le cheptel ovin algérien en général, et sur les races Hamra et Ouled-Djellal en particulier. Pour cette étude où douze microsatellites ont été utilisés, le taux d'hétérozygotie moyen observé pour l'ensemble des microsatellites est de 0,7 ce qui traduit une variabilité génétique assez importante des races étudiées. Sur les 85 animaux testés, un nombre total de 141 allèles a été décrit. Les fréquences alléliques observées pour les douze microsatellites ont été discutées en comparant les deux races entre elles et en mettant en valeur la capacité identifiatrice de chaque microsatellite pour ces deux races. Il apparaît que chaque

microsatellite avait un niveau d'identification insuffisant mais intéressant pour une première étude : le moins bon serait le microsatellite TGLA53 et le meilleur serait le microsatellite MCM527 et cela d'après les critères précédemment mentionnés. Cette étude, élargie à un plus grand nombre de races composant le cheptel ovin algérien, permettrait de préciser un certain nombre de caractéristiques moléculaires qui rendra plus facile l'identification des races surtout celles dont les traits physiques ne permettent qu'une distinction approximative. Elles permettront aussi le contrôle de filiation et dans un avenir proche, grâce à l'avènement de l'économie de marché, le contrôle des labels. De plus l'estimation de la variabilité génétique de chaque race à partir des fréquences alléliques, permettrait la mise en place d'une stratégie à l'échelle nationale autorisant à moyen terme la conservation et la préservation de la biodiversité zoologique et à long terme l'amélioration des races locales pour les rendre plus aptes à répondre aux besoins économiques du pays.

Références bibliographiques

- CHELLIG R., 1992. Races ovines algériennes. Office des publications universitaires.
- DE GORTARI M.J., FREKING B.A., CUTHBERTSON R.P., KAPPES S.M., KEEL J.W., STONE R.T., LEYMASTER K.A., DODDS K.G., CRAWFORD A., BEATTIE C.W., 1998. A second-generation linkage map of the sheep genome. *Mamm. Genome* 9, 204-209.
- MILLER S.A., DYKED D.D., POLESKI H.F., 1989. A simple salting out procedure for extraction of DNA from human nucleate cells. *Nucleic acid* 16, 1215.
- NEI M., 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from number of individuals. *Genetics* 89, 583-592.
- TAKEZAKI N., NEI M., 1996. Genetic distance and reconstruction of phylogenetic trees from microsatellite DNA. *Genetics* 144, 389-399.
- WILSON E.O., 2000. L'enjeu écologique n°1. *La Recherche* 333, 14-16.
- WRIGHT S., 1965. The interpretation of population structure by F-statistics with special regard to systems of mating. *Evolution* 19, 395-420.