

## ETUDE DU POLYMORPHISME DES GROUPES SANGUINS, (ABO, Ss, RHESUS ET DUFFY) CHEZ LA POPULATION ARABOPHONE DU PLATEAU DE BENI MELLAL

H. El Ossmani, B. Bouchrif<sup>1</sup>, K. Glouib<sup>2</sup>, D. Zaoui<sup>2</sup>, H. El Amri et A. Chafik<sup>2</sup>

Laboratoire de Génétique, Gendarmerie Royale, Rabat, Maroc

<sup>1</sup>Laboratoire de Biologie et Biologie Moléculaire, Institut Pasteur, 1 place Louis Pasteur, Casablanca, Maroc

<sup>2</sup>Laboratoire de Génétique, Anthropologie et Biostatistique, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Chouaïb Doukkali, El Jadida, Maroc  
helossmani@yahoo.fr

(Received 19 May 2007 - Accepted 7 November 2007)

### RESUME

*La présente étude s'intéresse à la caractérisation anthropogénétique de la population arabe habitant le plateau de Beni Mellal qui sépare les populations berbères du Moyen Atlas et les populations arabes du Maroc méridional. L'analyse des marqueurs des groupes sanguins ABO, Rhésus, Ss et Duffy sur des échantillons de 131 individus a permis de mettre en évidence que cette population présente les fréquences les plus élevées des allèles FyO (0.86) et s (0.524) par rapport à toutes les autres populations arabes et berbères de l'Afrique du Nord et du Moyen Orient. Cependant, l'estimation des distances génétiques pour l'ensemble des quatre marqueurs analysés, montre que cette population, ainsi que la population arabe marocaine de Beni Hlal se situent dans un sous cluster qui les regroupe avec les populations du Moyen-Orient, ce qui pourrait expliquer une origine orientale de ces deux populations. De plus, les coefficients de diversité génétique de Reynolds montrent une plus grande diversité intra région qui met en évidence l'importance de la dérive génétique comme facteur principal de micro différenciation.*

**Mots clés :** population, marqueurs sanguins, diversité génétique

### ABSTRACT

*The present study deals with anthropogenetic profile of the Arab speaking population of the Beni Mellal region which separates areas inhabited by Mid-Atlas Berbers from those inhabited by Soth-Morroccan Arabs. The study of blood groups ABO, Rhesus, Ss, and Duffy was conducted on 131 individuals. The result shows that this population has the highest frequencies of the FyO allele (0.860) and s allele (0.524) in comparison to all Arab and Berber populations of North Africa and the Middle East. However genetic distances estimated on the basis of these four markers reveal that the population of Beni Mellal and another in the Beni Hlal region are in the same sub-cluster with populations from the Middle East. This may be attributed to the Oriental Arab ("Machrek") origin of these two Moroccan Arab populations.*

*The estimation of Reynolds diversity coefficients shows that diversity within-region is more important than that of the between-regions, which indicates the principal role of genetic drift in micodifferentiation.*

**Keywords:** blood markers, genetic diversity, polymorphism

## INTRODUCTION

Les groupes sanguins sont des marqueurs génétiques classiques, présentant un grand degré de polymorphisme, ce qui leur donne un intérêt particulier dans les études de micro différenciation et l'histoire migratoire des peuplements.

Dans ce contexte, plusieurs études ont été réalisées sur différentes populations arabes et berbères de différentes régions du Maroc dans le but de caractériser anthropogénétiquement chacune de ces populations et d'établir des distances génétiques par rapport aux autres populations des deux rives de la Méditerranée (Kandil *et al.*, 1998; Harich *et al.*, 2002 ; El Ossmani, 2002 ; Chafik *et al.*, 2003).

Dans ce cadre la présente étude se fixe comme substratum, la population arabophone du plateau de Beni Mellal qui sépare les populations berbères du Moyen Atlas et les populations arabes de la plaine du Tadla et de la Chaouia afin d'essayer de retracer l'histoire des échanges génétiques dans cette région. Un deuxième objectif vise à réaliser une étude comparative, avec les populations arabes et berbères de l'Afrique du Nord, ainsi qu'avec des populations du Moyen Orient afin d'évaluer la diversité génétique à l'échelle de cette région et estimer les distances génétiques entre ces différentes populations.

## MATERIEL ET METHODES

La présente étude a été réalisée sur un échantillon de 131 individus sélectionnés dans la région de Beni Mellal, selon les recommandations du programme HUGO (Human Genome Diversity Program). Ces individus sont arabophones, apparemment sains, non apparentés et avec des arrières-grands-parents paternels et maternels issus de la région de Beni Mellal (Figure 1). Une fiche de consentement préalable a été signée par tous les participants.

Après prélèvement de 10 ml de sang par individu, des anticorps appropriés ont été utilisés dans les quarante huit heures afin de déterminer les différents groupes sanguins.

Les fréquences alléliques ont été estimées par le comptage direct des phénotypes en appliquant la méthode du maximum de vraisemblance (MAXLIK).

Pour l'équilibre de Hardy Weinberg, on a utilisé. Le programme bioinformatique BIOSYS-1.7 (1989). Le test  $\chi^2$  a été utilisé pour comparer les fréquences absolues observées aux fréquences théoriques.

Afin de quantifier le degré de diversité génétique entre les différentes populations introduites dans cette étude, le test statistique Fst de Wright (Wright, 1978) fut utilisé ; l'estimation des distances génétiques et l'élaboration du dendrogramme ont été effectuées par le package du programme PHYLIP3.5 C.

Pour le degré de signification du test  $\chi^2$  :

- P>0.05 : une différence non significative (NS)
- P<0.05 : une différence significative (\*)
- P<0.01 : une différence hautement significative (\*\*)
- P<0.001 : une différence très hautement significative (\*\*\*)



Figure 1. La carte du Maroc et la position de la région de Beni Mellal.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Les fréquences des allèles A, B et O sont représentées sur le Tableau 1, elles sont respectivement de 0.225, 0.073 et 0.698.

Ceci montre qu'en général, la population arabophone de Béni Mellal ne présente pas de différences significatives avec les populations arabes et berbères de l'Afrique du Nord.

Des différences significatives ont été trouvées par rapport à la population arabe du Doukkala (7.824\*) ainsi que celle de Tizi-Ouzou en Algérie (11.270\*\*). Par rapport aux populations du Moyen-Orient, des différences significatives ont été retrouvées avec la population de la Jordanie et du Koweït, mais pas par rapport à celle du Yémen (Tableau 1).

Les fréquences des haplotypes Rhésus sont représentées sur le Tableau 2. Elles révèlent que la population arabophone de Béni Mellal présente des différences très hautement significatives par rapport à la majorité des autres populations aussi bien Nord Africaines, Beni Hlal et Moyen Atlas, qu'à certaines populations moyen-orientales telles que celle de l'Arabie Saoudite.

Ceci témoigne de la grande diversité de ce marqueur à l'échelle de cette région comme décrit par (Harich *et al.*, 2002).

Les résultats des comparaisons des fréquences alléliques du système Duffy (Tableau 3) montrent que la population arabophone de Béni Mellal se caractérise par une fréquence élevée de l'allèle FyO 0.860. Cette situation la rapproche beaucoup plus des populations du Moyen Orient (Yémen, Koweït, Arabie Saoudite) que de celles de l'Afrique du Nord. Cependant, la population du Sous au sud du Maroc se détache des populations berbères et se montre plus proche de celles du Moyen Orient.

TABLEAU 1

**Comparaison de la Distribution des Fréquences Alléliques du Système ABO de la Population Arabophone de Béni Mellal avec Celles des Populations de l'Afrique du Nord et du Moyen Orient**

Populations	N	ABO*A	ABO*B	ABO*O	$\chi^2$	Références
Beni-Mellal	131	0.225	0.073	0.698	-----	Présente étude
Doukkala	101	0.173	0.149	0.678	7.824 *	Kandil, 1999
BeniHlal	101	0.232	0.124	0.644	0.980 NS	Aisser, 2005
Ouarzazate	100	0.159	0.097	0.744	0.630 NS	Errahaoui , 2002
Sous	103	0.159	0.097	0.744	1.240 NS	Chadli, 2002
Rif	110	0.142	0.090	0.668	1.030 NS	Afkir, 2005
Moyen Atlas	140	0.193	0.111	0.700	2.820 NS	Harich <i>et al.</i> , 2002
Tizi-Ouzo	254	0.169	0.150	0.681	11.270 **	Ruffie <i>et al.</i> , 1966
Oran	158	0.212	0.105	0.682	1.830 NS	Auzas, 1957 (1)
Alger	595	0.225	0.119	0.656	0.240 NS	Ruffie <i>et al.</i> , 1966 (1)
Libye	168	0.226	0.131	0.643	5.454 NS	Walter <i>et al.</i> , 1975
Egypte (Caire)	516	0.269	0.211	0.520	35.436 ***	Matta, 1937
Yemen	164	0.146	0.075	0.761	0.540 NS	Tills <i>et al.</i> , 1977 (1)
Jordanie	188	0.181	0.128	0.691	6.006 *	Nabulsi <i>et al.</i> , 1997
Koweït	162	0.173	0.127	0.701	6.153 *	Sawhney <i>et al.</i> , 1984 (1)
Arabie-saoudite	210	0.162	0.126	0.712	7.914 *	Saha <i>et al.</i> , 1980
Turquie	876	0.288	0.132	0.580	2.540 NS	Attasoy <i>et al.</i> , 1995 (1)

(1) Cité par Moral (1986)

**TABLEAU 2**

**Comparaison de la Distribution des Fréquences Alléliques du Système Rhésus de la Population Arabophone de Béni Mellal avec Celles des Populations de l’Afrique du Nord et du Moyen Orient**

Populations	N	CDE	CDe	cDE	cDe	CdE	Cde	cdE	cde	$\chi^2$	Références
Beni-Mellal	131	0.000	0.382	0.076	0.225	0.000	0.065	0.073	0.179	-----	Présente étude
Doukkala	101	0.005	0.337	0.124	0.124	0.000	0.069	0.015	0.292	21.549 **	Kandil, 1999
Beni Hlal	80	0.028	0.346	0.022	0.185	0.000	0.046	0.049	0.324	22.760***	Aisser, 2005
Moyen Atlas	108	0.051	0.306	0.079	0.222	0.009	0.028	0.019	0.282	33.881 ***	Harich <i>et al.</i> , 2002
Ouarzazate	100	0.022	0.168	0.103	0.253	0.000	0.118	0.016	0.320	35.752 ***	Errahaoui, 2002
Sous	86	0.014	0.284	0.0075	0.246	0.000	0.116	0.000	0.265	26.352 ***	Chadli, 2002
Rif	73	0.000	0.486	0.096	0.216	0.000	0.000	0.000	0.202	23.14 ***	Afkir, 2005
Alger	315	0.000	0.441	0.098	0.198	0.000	0.012	0.000	0.251	31.227 ***	Aireche & Benbadji, 1988
Oran	87	0.000	0.352	0.114	0.239	0.000	0.017	0.000	0.278	24.682 ***	Aireche & Benbadji, 1988
Tizi-Ouzou	467	0.002	0.434	0.084	0.182	0.000	0.018	0.004	0.277	76.881 ***	Aireche & Benbadji, 1988
Libye	168	0.000	0.411	0.134	0.110	0.000	0.009	0.009	0.330	59.608 ***	Walter <i>et al.</i> , 1975 (1)
Egypte	720	0.000	0.463	0.140	0.234	0.000	0.005	0.000	0.157	172.053***	El Dewi, 1951 (1)
Jordanie	188	0.013	0.306	0.234	0.128	0.000	0.000	0.000	0.322	101.12 ***	Nabulsi <i>et al.</i> , 1997
Arabie saoudite	103	0.010	0.388	0.175	0.107	0.000	0.000	0.000	0.320	59.034 ***	Marengo-Row <i>et al.</i> , 1974
Yémen	254	0.004	0.447	0.140	0.146	0.000	0.008	0.000	0.258	77.018 ***	Tills <i>et al.</i> , 1977
Turquie	108	0.000	0.481	0.171	0.014	0.000	0.014	0.000	0.319	85.063 ***	Aksoy <i>et al.</i> , 1958(1)

(1) Cité par Moral (1986)

TABLEAU 3

**Comparaison de la Distribution des Fréquences Alléliques du Système Duffy de la Population Arabophone de Béni Mellal avec Celles des Populations de l'Afrique du Nord et du Moyen Orient**

Populations	N	Fy*a	Fy*b	Fy*o	$\chi^2$	Références
Beni-Mellal	112	0.049	0.085	0.860	-----	Présente étude
Doukkala	101	0.332	0.198	0.465	81.377 ***	Kandil, 1999
Beni Hlal	81	0.235	0.219	0.546	50.460 ***	Aisser, 2005
Berbères Sous	93	0.163	0.195	0.642	23.120 **	Errahaoui, 2002
Berbères Rif	79	0.219	0.456	0.325	119.000 ***	Afkir, 2005
Moyen Atlas	140	0.432	0.386	0.182	234.171 ***	Harich <i>et al.</i> , 2002
Alger	295	0.269	0.446	0.286	221.133 ***	Aireche & Benbadji, 1988
Tlemcen	136	0.320	0.438	0.243	191.567 ***	Aireche & Benbadji, 1988
Tizi-Ouzou	467	0.340	0.513	0.147	458.064 ***	Aireche & Benbadji, 1988
Oran	87	0.299	0.414	0.287	138.438 ***	Aireche & Benbadji, 1988
Egypte	200	0.270	0.360	0.373	142.001 ***	Mourant <i>et al.</i> , 1976
Libye	169	0.391	0.299	0.311	168.728 ***	Walter <i>et al.</i> , 1975 (1)
Jordanie	278	0.329	0.351	0.351	191.270 ***	Mourant <i>et al.</i> , 1976
Koweït	162	0.173	0.127	0.700	7,850 *	Cité par Harich <i>et al.</i> , 2002
Yémen	236	0.106	0.125	0.769	9.571 *	Mourant <i>et al.</i> , 1976
Arabie-saoudite	243	0.105	0.121	0.774	8.972 *	Morengo-Rowe <i>et al.</i> , 1974 (1)

(1) Cité par Moral (1986).

Par ailleurs, les fréquences des allèles du système Ss, sont rapportées sur le Tableau 4. On remarque que la population arabophone de Béni Mellal et la population berbère du Sous présentent respectivement les fréquences les plus élevées de l'allèle S (0.55) par rapport à toutes les populations arabes et berbères d'Afrique du Nord. De plus, malgré des fréquences relativement élevées observées chez les populations du Moyen Orient, les différences n'ont pas été significatives avec celles qui ont été observées.

TABLEAU 4

**Comparaison de la Distribution des Fréquences Alléliques du Système Ss de la Population Arabophone de Béni Mellal avec Celles des Populations de l'Afrique du Nord et du Moyen Orient**

Population	N	Ss*S	Ss*s	$\chi^2$	Références
Beni Mellal	105	0.524	0.476	-----	Présente étude
Doukkala	101	0.367	0.733	28.268 ***	Kandil, 1999
Beni Hlal	66	0.477	0.523	8.64 *	Aisser, 2005
Moyen Atlas	140	0.325	0.675	19.604 ***	Harich <i>et al.</i> , 2002
Sous	93	0.545	0.455	0.23 NS	Chadli, 2002
Berbère du Rif	61	0.303	0.697	17.25 ***	Afkir, 2005
Berbère d'Ouarzazate	46	0.171	0.829	34.21 ***	Errahaoui, 2002
Oran	87	0.308	0.692	17.979 ***	Aireche & Benbadji, 1990
Tizi-Ouzou	467	0.276	0.724	48.162 ***	Aireche & Benbadji, 1990
Libye	168	0.327	0.673	20.726 ***	Walter <i>et al.</i> , 1975 (1)
Egypte	144	0.299	0.701	25.805 ***	Donegani <i>et al.</i> , 1955 (1)
Koweït	159	0.274	0.726	33.857 ***	Sawhney <i>et al.</i> , 1984 (1)
Arabie-saoudite	261	0.454	0.546	2.925 NS	Morengo-Row <i>et al.</i> , 1974 (1)
Jordanie	188	0.418	0.582	6.134 *	Nabulsi <i>et al.</i> , 1997
Yémen	254	0.453	0.547	3.009 NS	Tills <i>et al.</i> , 1977

(1) Cité par Moral (1986).

L'estimation des coefficients de la diversité génétique montre que le système le plus informatif est celui relatif au groupe Duffy (avec un coefficient de 0.214), suivi des groupes Ss et ABO. Par contre le système Rhésus présente la diversité la plus faible (avec un coefficient de 0.021) (Tableau 5). De plus, la diversité à l'intérieur d'une même région a été toujours plus élevée que celle entre les régions pour les quatre marqueurs étudiés. Ceci explique alors l'importance des variations génétiques au sein même des populations berbères et arabes prises séparément. Les résultats obtenus sont en accord avec ceux rapportés par,

Aireche & Benbadji (1990), Kandil (1999) et Harich *et al.*, (2002). Ces auteurs ont rapporté également une plus grande diversité génétique du système Duffy.

**TABLEAU 5**  
**Comparaison des Coefficients de Diversité Génétique en Fonction du Système Etudié (Fst)**

Système	Coefficients		
	F Intra-région	F Inter-région	F Total
<b>ABO</b>	0.044	0.001	0.045
<b>Ss</b>	0.040	0.002	0.042
<b>Duffy</b>	0.122	0.092	0.214
<b>Rhésus</b>	0.016	0.005	0.021

L'estimation des distances génétiques entre la population étudiée et les autres (Tableau 6), montre que la population de Beni Mellal présente les distances les plus faibles par rapport à celles de l'Arabie Saoudite et du Yémen, avec des valeurs de  $89.10^{-4}$  et  $185.10^{-4}$  respectivement. De plus, les distances les plus élevées ont été observées par rapport, aux populations algériennes avec des valeurs de  $1856.10^{-4}$ ,  $1269.10^{-4}$  et  $1227.10^{-4}$  pour les populations arabes d'Oran, berbères de Tizi-Ouzou et arabes d'Alger respectivement. Pour le reste des populations arabes et berbères d'Afrique du Nord, les distances génétiques montrent des valeurs intermédiaires.

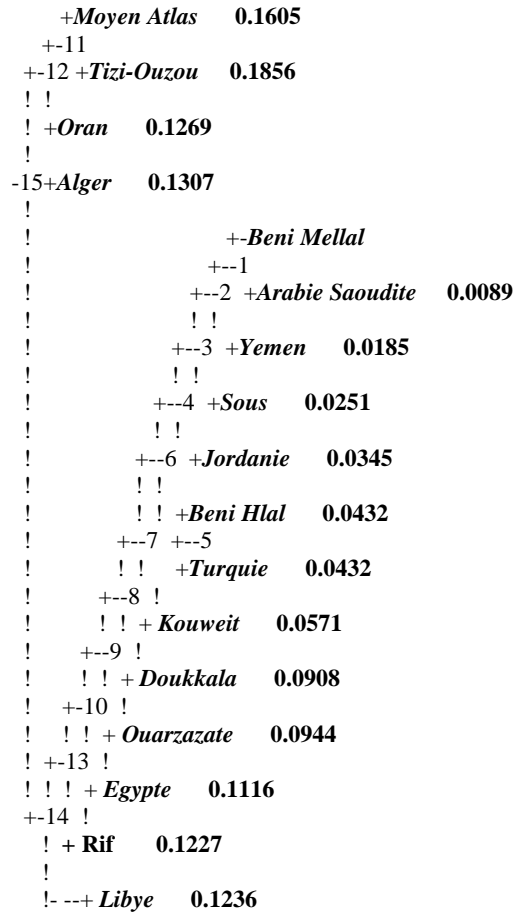
Après l'élaboration du dendrogramme à partir des résultats obtenus pour les groupes sanguins ABO, Rhésus, Duffy et Ss, rapporté sur la Figure 2.

On remarque que la population de Beni Mellal se situe dans un sous-groupe avec les populations du Moyen Orient. Ceci justifie sa proximité à ces populations et en particulier celles de l'Arabie Saoudite et du Yémen. La population berbère du Sous est également située à proximité de ce sous-groupe. Cela peut être expliqué par une origine commune du pool génétique relatif à ces marqueurs sanguins chez ces populations.

De même, on note que les populations marocaines arabes de Doukkala et Béni Hlal, ainsi que la population berbère d'Ouarzazate occupent une position intermédiaire entre les populations du Moyen-Orient et celles de l'Afrique du Nord, ce qui pourrait être expliqué par leur origine métissée à partir de ces deux groupes. Enfin, on remarque que la population berbère du Moyen Atlas et les populations arabes et berbères algériennes, sont situées dans le même sous-groupe, ce qui témoignerait de leur grandes affinités génétiques vraisemblablement dues à la proximité géographique. Ces résultats sont en accord avec ceux qui sont rapportés par Aisser en 2005 qui a estimé des faibles distances entre les populations arabes de Beni Hlal et du Moyen-Orient. Ceci laisse supposer que ces populations ont probablement une origine historique orientale.







**Figure 2. Dendrogramme de la population arabophone de Beni Mellah étudiée, vis-à-vis des populations observées en utilisant les groupes sanguins.**

**CONCLUSION**

Les résultats de cette analyse permettent de conclure que la population arabophone de Beni Mellal présente les distances génétiques les plus faibles vis à vis des populations du Moyen-Orient et en particulier celles de l'Arabie Saoudite et du Yémen, ce qui indiquerait leur origine probable de cette région. Cela est essentiellement dû aux fréquences relativement élevées des allèles Fy O et s qui caractérisent les populations arabes orientales telle que présenté par Cavali-Sphorza en 1994. L'analyse des coefficients de diversité génétique montre que les populations berbères marocaines et algériennes présentent une grande hétérogénéité génétique, exprimée par le degré élevé de la diversité intra-région. Ceci laisse supposer que l'effet de la dérive génétique et celui des effets fondateurs ont été à l'origine d'une amplification des phénomènes de micro différenciation à l'échelle régionale.

## REFERENCES

- Afkir, A. 2005. *Etude anthropogénétique de la population berbère du Rif, région d'Al Hoceïma*. Mémoire de DESA, sciences anthropogénétiques et biodémographiques, Faculté des Sciences, El Jadida.
- Aireche, H. and Benabadji, M., 1990. Kidd and MNSs gene frequencies in Algeria. *Gene Geogr.*, 4: 1-8.
- Aireche, H. and Benabadji, M. 1988. Rh and Duffy gene frequencies in Algeria. *Gene Geogr.*, 2 : 1-8.
- Aisser, H. 2005. *Etude anthropologique de la population arabe de Beni Hlal dans la région du Doukkala. Caractérisation des groupes sanguins et des dermatoglyphes*. Mémoire de DESA, sciences anthropogénétiques et biodémographiques, Faculté des Sciences, El Jadida.
- Auzas, C. 1957. Etude ethnologique et sérologique. *Bull. et Mem. de la Soc. d'Ant. de Paris*, T. 8, 10<sup>ème</sup> série, pp : 329-340.
- Chadli, I. 2002. *Caractérisation anthropologique de la population berbère du Sous. Etude des groupes sanguins et des dermatoglyphes*. Mémoire de DESA, sciences anthropogénétiques et biodémographiques, Faculté des Sciences, El Jadida.
- Chafik, A. et El ossmani, H. 2003. Etude du polymorphisme des marqueurs des systèmes sanguins chez la population du plateau de Beni Mellal. *First International Congress of Biological and Cultural Anthropology*, Monastir, Tunisia, pp. 45.
- Chafik, A., Moundib, N., Barakat, A. et Rouba, H. 2003. Etude du polymorphisme moléculaire du marqueur SRY-8299 sur le chromosome Y chez des populations marocaines, arabes berbères et sahraouies. *3<sup>ème</sup> Congrès National de Génétique et Biologie Moléculaire*, Tanger, pp. 120.
- Chafik, A., Moundib, N., Barakat, A. et Rouba, H. 2003. Etude du polymorphisme moléculaire du marqueur Yap sur le chromosome Y chez des populations marocaines arabes, berbères et sahraouies. *Proceeding du 26 colloque du GALF*, pp. 93.
- Cavalli-Sforza, L., Menozzi, P. and Piazza, A. 1994. *History and geography of human genes*. Princeton University Press.
- Errahaoui M. 2002. *Analyse anthropologique de la population berbère de la région de Ouarzazate. Etude des groupes sanguins et des dermatoglyphes*. Mémoire de DESA, sciences anthropogénétiques et biodémographiques, Faculté des Sciences El Jadida.
- Fernandez-Santander, A., Kandil, M., Luna, F., Esteban, E., Gimenez, F., Zaoui, D. et Moral, P. 1999. Genetic relationships between southeastern Spain and Morocco: new data on ABO, Rh, MNSs, and Duffy polymorphisms. *Am. J. Biol.*, 11: 745-752.
- Harich, N., Esteban, E., Chafik, A., Lopez-Alomar, A., Vona, G. et Moral, P. 2002. Classical polymorphisms in Berbers from Money Atlas (Morocco): genetics, geography and historical evidence in the Mediterranean peoples. *Ann. Hum. Biol.*, 29 : 473-487.
- Kandil, M. 1999. *Etude anthropogénétique de la population arabe du Maroc méridional (Abda, Chaouia, Doukkala et Tadla)*. Thèse d'Etat, Université Chouaïb Doukkali. El Jadida, Maroc.
- Moral, P. 1986. *Estudio antropogenetico de diversos polimorfismos hematologicos en la isla de Manorca*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, España .
- Mourant, A.E., Kopek, A.C. and Domaniewska-Sobkzak, K. 1976. *The distribution of the human blood groups and other polymorphisms*. Oxford Univ. Press, London.

- Nabulsi, A., Cleve, H. and Rodweld, A. 1997. Serological analysis of the Abbad tribe of Jordan. *Hum. Biol.*, 69: 357-373.
- Saha, N., Bayoumi, R., El Sheikh, F., Samuel, A., El Fadili, El Hour I., Sebai, Z., Sabaa, H.M. 1980. Some blood genetic markers of selected tribes in Western Saudi Arabia. *Am. J. Phys. Anthropol.*, May, 52(4): 595-600.
- Tills, D., Warlow, A., Mourant, A.E., Kopec, A.C., Edholm, O.G. and Garrad, G. 1977. The blood groups and other hereditary blood factors of Yemenite and Kurdish Jews. *Ann. Hum. Biol.*, 4: 259-274.
- Tills, D., Kopec, A.C. and Tills, R.E. 1983. *The distribution of human blood groups and other polymorphisms*. Supplement 1, Oxford Univ. Press, London.
- Wright, S. 1978. *Evolution and the genetics of population*. Vol. 4. Variability within and among natural populations, Chicago, University of Chicago Press.