



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE de TLEMCEEN

Laboratoire de Génétique appliquée en Agronomie, écologie et santé publique (GenApAgiE),

Faculté SNV/STU, Université ABOU BEKR BELKAID, Tlemcen, Algérie

Département : Biologie

MEMOIRE

Présenté par

KRIM Fatima

BOUKRAA Dounia

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER Académique

Spécialité : **Génétique**

Thème :

**Caractérisation morphologique et constitution d'une
biothèque d'ADN des races équines de fantasia en
Algérie**

Soutenu le 28/09/2022, devant le jury composé de :

Qualité	Nom	Grade	Université
Président :	Mr AZZI. N	MAA	Abu-Bakr Belkaied. Tlemcen
Encadreur :	Mr GAOUAR S.B. S	PROF	Abu-Bakr Belkaied. Tlemcen
Examineur :	Mme TRIQUI C	MAA	Abu-Bakr Belkaied. Tlemcen

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيد المرسلين المبعوث رحمةً للعالمين

Remerciements

Enfin, nous y voici ! Quelle aventure ... Un Mémoire, est un travail de longue haleine, un défi que l'on se donne à soi-même. Mais c'est surtout une formidable histoire de relations, de rencontres et d'amitié. La pratique de la recherche scientifique vous place souvent face à des questionnements intellectuels et des obstacles techniques. Les solutions se sont imposées par le fruit des multiples contacts qu'on a eu l'occasion de créer avec un nombre de personnes passionnées. Cette période de MASTER aura été probablement l'un des meilleurs chapitres de notre vie. J'aimerais remercier ALLAH, mon Dieu le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail, celles et ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont participé à son écriture.

Nous présentons tout d'abord, nos sincères remerciements à notre enseignant le docteur GAOUAR SEMIR BECHIR SUHEIL qui nous a donné l'opportunité de se lancer dans cette aventure qu'est la recherche scientifique ; et qui a toujours été de bon conseil pour nous faire évoluer. Merci Mr pour votre confiance et patience.

En second lieu ; nous remercions notre encadreur le Docteur BENHAMADI. M pour la confiance qu'il nous a témoigné en acceptant de diriger notre travail de fin d'étude, le soutien et les conseils qu'il m'a prodigués tout au long de ce parcours de recherche et pour tous les efforts qu'il a fait pour que je puisse réaliser ce travail. Nous avons été particulièrement touchés par la priorité qu'il n'a jamais cessé d'accorder à mes multiples sollicitations malgré ses nombreuses obligations. Vous nous avez conseillé et soutenu depuis nos inscriptions au niveau de la spécialité génomique des populations. Travailler avec vous est une expérience passionnante.

Nous souhaitons remercier les membres du jury qui ont accepté de juger ce travail et pour le temps qu'ils ont accordé à la lecture de ce mémoire et à l'élaboration de leurs rapports :

C'est également avec plaisir que je remercie le Docteur TRIQUI C., Enseignante de Biologie Moléculaire à UNIVERSITE de TLEMCEN, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers ; pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant d'examiner ce travail, pour sa disponibilité et sa gentillesse. Pour ses multiples conseils durant ma période d'initiation d'étude en 2^{ème} année universitaire jusqu' à ce jour-là. Un grand merci, vous êtes un prof formidable est la seule avec laquelle j'ai réussi à comprendre le module de Biologie Moléculaires. Vous êtes l'un des profs qui ont laissé une place dans nos cœurs.

Je remercie aussi le Docteur Azzi. N pour son soutien, ces conseils et sa gentillesse, ainsi que pour l'aide qu'il m'a apporté durant mes études. Vous êtes l'un des profs qui ont laissé une place dans mon cœur.

Nos remerciements particuliers s'adressent aux nos parents. Pendant ces 5 années nous avons vécu une longue course pleine d'obstacle mais, Garce à vous par votre soutien moral et beau surprises sucrées. Vous nous avez donné sens à vivre ours tout.

Qu'Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que nous avons toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour nos éducation. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour notre éducation et notre formation.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à toute nos grande familles BOUKRAA et KRIM pour vos encouragements, vos aides, confiance et Soutien. Notre projet à nécessiter avant tout l'échantillonnage et l'enquête sur le terrain, nous tenons à exprimer particulièrement notre reconnaissance à tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail. Un grand remercie à l'élèves Kehili Mohamed et son frère Youcef, le groupe de fantasia de Mr Medjahide, les élèves d'Oran, de Saida, de Mechria celles et ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont participé à son écriture, ce travail n'aurait jamais vu le jour sans votre aide merci à vous.

Pour terminer je remercie mes amies et notre promotion de génétique, on vous souhaite une bonne chance à vous aussi pour la soutenance de vos mémoires.

A toutes et tous, un grand merci !

Résumé

En Algérie, les races équines de fantasia constituent un patrimoine biologique, culturel et historique inestimable, doit être de ce fait préserver et réhabiliter pour une meilleure conservation et une meilleure exploitation.

Le manque de connaissance de la diversité et des caractéristiques du matériel génétique équin et la présence d'un brassage important entre les races en Algérie n'aident pas à une préservation efficace. Dans ce contexte, nous avons prélevé du sang et des poils avec leurs racines afin de contribuer à l'enrichissement de la bibliothèque nationale d'ADN équin qui existe au niveau de l'laboratoire GenApAgiE (université de Tlemcen). Nous avons aussi dans notre étude entamé une approche morphométrique pour identifier et caractériser nos populations équines. Nous avons de ce fait pris vingt-six mesures sur chaque cheval de fantasia et ce sur 88 échantillons de différentes races d'origines présumées (origines non confirmées) dépassant chacun trois ans.

Nous avons soumis ces mesures à des analyses statistiques à l'aide de l'logiciel R (Facto Miner) V 4.0.1 et XLSTAT2022. Ces outils, nous ont conduits au calcul de six indicateurs physiques. Des statistiques de type descriptif et analytique ont également été utilisées, ils nous ont permis, entre autres, le calcul des moyennes, des écarts types, la classification hiérarchique ascendante (CAH) et l'analyse standard des principaux composants (PSA).

Les résultats obtenus, nous ont permis de diviser les chevaux que nous avons étudiés en trois catégories dont la race Barbe. Cette dernière est la plus présente ce qui confirme qu'elle est le cheval le plus apte à la fantasia. D'autre part on a remarqué un mélange notable chez les races algériennes.

Enfin, chaque étude de ce type ne peut être parfaite sauf si elle est complétée d'une étude moléculaire, c'est l'étape que nous espérons faire à l'avenir en Algérie.

Mots clés : Algérie ; cheval Barbe ; fantasia ; mensuration ; analyses statistiques.

Abstract

In Algeria, the equine breeds of fantasia constitute an invaluable biological, cultural and historical heritage, and must therefore be preserved and rehabilitated for better conservation and exploitation.

The lack of knowledge of the diversity and characteristics of equine genetic material and the presence of significant mixing between breeds in Algeria do not help effective preservation. In this context, we collected blood and hair with their roots in order to contribute to the enrichment of the national equine DNA biotheque that exists at the GenApAgiE laboratory (University of Tlemcen). In our study, we also began a morphometric approach to identify and characterize our equine populations. As a result, we took twenty-six measurements on each fantasia horse and this on 88 samples of different breeds of presumed origins (unconfirmed origins) each exceeding three years.

We subjected these measurements to statistical analyses using R (Facto Miner) V 4.0.1 and XLSTAT2022 software. These useful ones led us to calculate six physical indicators. Descriptive and analytical statistics were also used, allowing us, among other things, the calculation of averages, standard deviations, ascending hierarchical classification (CAH) and standard analysis of the main components (PSA).

The results obtained allowed us to divide the horses we studied into three categories including the Barb breed. The latter was the most present which confirms who is the horse most suitable for fantasia. On the other hand, a noticeable mix has been noticed among Algerian breeds.

Finally, each study of this type cannot be perfect unless it is supplemented by a molecular study, this is the step we hope to take in the future in Algeria.

Keywords : Algeria ; Barb horse ; fantasia ; measurements; statistical analyses.

تلخيص

في الجزائر، تشكل سلالات خيول الفنتازيا تراثا بيولوجيا وثقافيا وتاريخيا لا يقدر بثمن، وبالتالي يجب الحفاظ عليها وإعادة تأهيله من أجل حماية واستغلال أفضل

إن الافتقار إلى المعرفة بتنوع وخصائص المواد الوراثية للخيول ووجود اختلاط كبير بين السلالات في الجزائر لا يساعد على الحفاظ عليها بصفة فعالة. وفي هذا السياق، جمعنا الدم والشعر بجذوره من أجل المساهمة في إثراء الحمض النووي الوطني للخيول الموجود في مختبر GenApAgiE (جامعة تلمسان). في دراستنا، بدأنا أيضا نهجا مورفومتري لتحديد وتوصيف مجموعات الخيول لدينا. ونتيجة لذلك، أخذنا ستة وعشرين قياسا على كل حصان فانتازيا وهذا على 88 عينة من سلالات مختلفة من أصول مفترضة (أصول غير مؤكدة) تتجاوز كل منها ثلاث سنوات.

لقد أخضعنا هذه القياسات لتحليلات إحصائية باستخدام برنامج (Facto Miner) V 4.0.1 R وXLSTAT2022. هذه المؤشرات المفيدة قادتنا إلى حساب ستة مؤشرات فيزيائية. كما تم استخدام الإحصاءات الوصفية والتحليلية، مما سمح لنا، من بين أمور أخرى، بحساب المتوسطات والانحرافات المعيارية والتصنيف الهرمي التصاعدي (CAH) والتحليل القياسي للمكونات الرئيسية (PSA).

سمحت لنا النتائج التي تم الحصول عليها بتقسيم الخيول التي درسناها إلى ثلاث فئات بما في ذلك سلالة اللحية. كان هذا الأخير هو الأكثر حضورا مما يؤكد من هو الحصان الأكثر ملاءمة للفانتازيا. من ناحية أخرى، لوحظ وجود مزيج ملحوظ بين السلالات الجزائرية.

وأخيرا، لا يمكن أن تكون كل دراسة من هذا النوع مثالية ما لم تكملها دراسة جزيئية، وهذه هي الخطوة التي نأمل أن نتخذها في المستقبل في الجزائر.

الكلمات الرئيسية: الجزائر؛ حصان بارب؛ الفانتازيا؛ والقياسات؛ التحليلات الإحصائية.

Table des matières

Liste des figures.....	XII
Liste des tableaux.....	XIV
Liste des annexes	XVI
Liste des abréviations	XVII
Introduction.....	1
Revue Bibliographique	5
Chapitre I : Donnés générales sur le cheval	6
1. Taxonomie :	6
2. Terminologie :.....	6
3. Origine et évolution des chevaux :.....	7
4. Domestication du cheval :.....	9
5. Distribution géographique :	10
6. Physiologie du cheval :	11
6.1. Morphologie du cheval :.....	11
6.1.1. La taille :.....	11
6.1.2. Le profil :.....	12
6.1.3. Les proportions :.....	13
6.2. Sens du cheval :	13
6.3. Régime alimentaire :.....	14
6.4. Reproduction du cheval :.....	14
6.5. Locomotion et allures :.....	15
7. Thérapie équine :.....	17
8. Classification et notion de race :.....	18
9. Génétique des équins :	19
Chapitre II : LA FILIERE ÉQUINE EN ALGERIE ET SYSTEME D'ÉLEVAGE.....	21

1. Historique du cheval en Algérie :	21
2. Effectifs de la production équine et son évolution en Algérie :	23
3. Répartition géographique de l'élevage équin :	23
4. Les races équines en Algérie :	24
4.1. Races autochtones :	25
4.1.1. Race Barbe :	25
4.1.2. Race Arabe-Barbe:	26
4.1.3. Race selle Algérienne :	27
4.2. Races induites : (importées et élevées depuis plusieurs décennies en Algérie).....	27
4.2.1. Race Pur-sang Arabe :	27
4.2.2. Race Pur-sang Anglais :	28
4.2.3. Race Trotteur Français :	29
5. Caractérisation des élevages de chevaux :	30
6. Organisation de la filière équine :	32
6.1. Office National du Développement des Élevages Équins et camelins :	32
6.2. Société des Courses Hippiques et du Pari Mutuel (SCHPMU) :	32
6.3. Organisation Mondiale du Cheval Barbe (OMCB) :	33
6.4. Fédération Équestre Algérienne (FEA) :	33
6.5. Associations Nationales d'Éleveurs :	33
6.6. Fédération Équestre Algérienne :	33
6.7. Mouvement Associatif :	34
7. Usages des chevaux en Algérie :	34
7.1. Utilisations traditionnelles du cheval :	34
7.1.1. Fantasia :	34
7.1.2. Travail agricole :	36
7.2. Utilisations modernes du cheval :	36

7.2.1.	Attelage :	37
7.2.2.	Concours complet :	37
7.2.3.	Dressage :	38
7.2.4.	Raids d'endurance :	39
7.2.5.	Saut d'obstacles :	40
7.2.6.	Courses hippiques :	41
7.2.7.	Tourisme équestre :	42
7.2.8.	Autres sports équestres :	43
Chapitre III : BIODIVERSITE ET RESSOURCES ZOOGENÉTIQUE.....		44
1.	Importance de la biodiversité des animaux d'élevage :	44
2.	Origine de la diversité génétique :	45
2.1.	Processus évolutifs affectant la variabilité génétique des populations :....	45
2.2.	Forces évolutives :	46
2.2.1.	Dérive génétique :	46
2.2.2.	Migration :	47
2.2.3.	Sélection naturelle :	48
3.	Méthodes de caractérisation des animaux d'élevage :	49
3.1.	Méthode morpho biométrique :	49
3.2.	Méthode biochimiques et moléculaires :	49
3.2.1	Marqueurs biochimiques :	50
A.	Groupes sanguins :	50
B.	Protéines :	50
3.2.2.	Marqueurs moléculaires :	50
A.	Marqueurs de l'ADN mitochondrial :	51
B.	Marqueurs RFLP :	51
C.	Marqueurs RAPD :	52
D.	Marqueurs AFLP :	52

E. Marqueurs microsatellites :.....	52
F. Marqueurs SNP :.....	56
G. Technologie des puces à ADN :.....	57
4. Programmes de conservation des ressources génétiques animales :.....	58
Matériels Et Méthodes.....	63
I. Populations d'étude :.....	64
1. Choix des animaux :.....	64
II. Enquêtes sur le terrain et échantillonnage	65
2. Conduite de l'enquête et de l'échantillonnage	66
III. Etude morphométrique :.....	67
1. Matériel de mensuration :.....	67
2. Méthodes :.....	67
2.1. Manipulations :	67
2.2. Les paramètres :.....	70
IV. Etude Moléculaire :	72
1. Prélèvement du sang :	72
V. Méthodes d'analyses statistiques :.....	73
1. Logiciels utilisés :.....	73
2. Analyses statistiques des données :.....	74
2.1. Des analyses descriptives :.....	74
2.2. Des analyses multi variées :.....	74
2.2.1. Analyse en composantes principales (ACP) :	74
2.2.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH) :.....	75
2. Indice de diversité :	75
Résultats Et Discussion.....	76
1. Résultats et discussion :	77
1.1. Mensurations corporelles :.....	77

1.1.1. Analyse descriptive :.....	77
1.1.2. Variation des variables :.....	78
A. Selon le sexe :	78
B. Comparaisant des paramètres étudiés entre race :.....	79
C. Comparaison des mensurations moyennes des chevaux étudiés entre les régions de Tlemcen, Oran, Saida, Naama :	90
D. Le test de sphéricité de Bartlett :.....	95
E. Indice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) :.....	95
F. L’analyse en composante principale de la population étudiée (ACP) :...	97
1.1.3. Comparaisent de l’indice de diversité de Shannon et Weaver et de Pielou selon la race et les régions étudiées :	103
Conclusion	108
ANNEXE.....	112
Annex 01 : Questionnaire d’échantillonnage	113
Annex 02 : Construction de la matrice de corrélation.....	116
Annex 03 : Teste de barlette.....	118
Annex 04 : Indice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO).....	119
Annex 05 : valeur propre.....	120
Annex 06 : les résultats de l’ACP	121
Références Bibliographiques.....	122

Liste des figures

- Figure 1:** Schéma d'évolution des équidés.
- Figure 2:** Répartition Géographique des Equidés dans le monde.
- Figure 3:** Classement de la taille du cheval.
- Figure 4:** Classement du profil de cheval.
- Figure 5:** Classement les proportions du cheval.
- Figure 6:** Les différentes allures naturelles du cheval.
- Figure 7:** Caryotype d'un étalon obtenu par la méthode des banding G.
- Figure 8:** Restes osseux de l'espèce *Equus algericus* situés au Sud Est de Tiaret et à Hydra.
- Figure 9:** *Equus africanus*, lac Karâr, Algérie, (Pléistocène moyen, Tlemcen, Algérie).
- Figure 10:** Schéma d'évolution de l'élevage équin en Algérie.
- Figure 11:** Aire de répartition de l'élevage équin dans le territoire Algérien.
- Figure 12:** Etalon Barbe.
- Figure 13:** Etalon Arabe-Barbe.
- Figure 14:** Etalon Arabe.
- Figure 15:** Cheval Pur-sang Anglais.
- Figure 16:** Cheval Trotteur Français.
- Figure 17:** Pourcentage de nombre de juments saillies par élevage.
- Figure 18:** Les différents types des éleveurs équins en Algérie.
- Figure 19:** photos originaux des cavaliers.
- Figure 20:** Spectacle équestre traditionnel de Fantasia à El Kheither. El Beyadh.
- Figure 21:** Concours d'attelage à la Ferme Pretet 2019.
- Figure 22:** Concours complet d'équitation.
- Figure 23:** Technique dressage de cheval.
- Figure 24:** L'endurance équestre.
- Figure 25:** Le saut d'obstacles à cheval.
- Figure 26:** La course hippique.
- Figure 27:** La randonnée équestre vous ouvre l'horizon.
- Figure 28:** Phénomène de dérive génétique affecte les petites populations.
- Figure 29:** Séquence contenant une répétition GTn.

Figure 30: Modèle de "slippage réplication" permettant d'expliquer l'augmentation ou la diminution du nombre de répétitions dans un microsatellite.

Figure 31: Informations nécessaires pour l'établissement des stratégies de gestion.

Figure 32: Carte géographique des wilayas algériennes étudiées.

Figure 33: Photo originale des points de repères définissant les paramètres morphologiques de longueur du cheval.

Figure 34: Le matériels utilisés : seringue, coton, alcool, tube EDTA, gants, glacière.

Figure 35: Décomposition de l'inertie totale.

Figure 36: Présentation des mensurations corporelles par ACP chez la population équin de fantasia étudiée.

Figure 37: Présentation de la distribution par ACP chez la population équin de fantasia étudiée.

Figure 38 : Classification hiérarchique ascendante (CAH) au niveau de la population étudiée.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Taxonomie de l'espèce équine.

Tableau 2: Noms de cheval

Tableau 3: liste et description des mesures effectuées.

Tableau 4: les six indices corporels calculés.

Tableau 5: les logiciels utilisés dans le traitement statistique.

Tableau 6: Moyenne, écart-type, coefficient de variation (CV) et indice de confiance (IC) des indices corporels des 26 paramètres mesurés sur les chevaux de fantasia étudiés.

Tableau 7: Valeurs moyennes des différents paramètres chez les mâles et les femelles et test de significativité.

Tableau 8 : nombre des équines échantillonnés de chaque race dans les régions étudiées.

Tableau 9 : comparaison des valeurs de la taille chez la classe (01) étudiés et, standard Barbe en Algérie et le Pur-sang Arabe.

Tableau 10 : comparaison des valeurs de la taille chez la classe (02) étudiés et, standard Barbe en Algérie et le Pur-sang Arabe.

Tableau 11 : comparaison des valeurs de la taille chez la classe (03) étudiés et, standard Barbe en Algérie et le Pur-sang Arabe.

Tableau 12 : comparaison des valeurs de la longueur totale, de la longueur huméro-iliaque et de la longueur de l'encolure chez la classe (01) étudiés et le Pur-sang Anglais.

Tableau 13 : Comparaison des valeurs de la longueur totale, de la longueur huméro-iliaque et de la longueur de l'encolure chez la classe (02) étudiés et le Pur-sang Anglais

Tableau 14 : Comparaison des valeurs de la longueur totale, de la longueur huméro-iliaque et de la longueur de l'encolure chez la classe (03) étudiés et le Pur-sang Anglais.

Tableau 15 : Comparaison des tours de poitrine et canon antérieur entre la classe (01) étudié, le standard Barbe en Algérie et le Pur-sang Arabe.

Tableau 16 : Comparaison des tours de poitrine et canon antérieur entre la classe (02) étudié, le standard Barbe en Algérie et le Pur-sang Arabe.

Tableau 17 : Comparaison des tours de poitrine et canon antérieur entre la classe (03) étudié, le standard Barbe en Algérie et le Pur-sang Arabe.

Tableau 18 : Comparaison de la longueur de l'épaule, de la longueur du bras, de la longueur de l'avant-bras, de la longueur du canon, de la longueur de l'ilium et de la longueur de la cuisse entre la classe (01) étudié et le Pur-sang Anglais.

Tableau 19 : Comparaison de la longueur de l'épaule, de la longueur du bras, de la longueur de l'avant-bras, de la longueur du canon, de la longueur de l'ilium et de la longueur de la cuisse entre la classe (02) étudié et le Pur-sang Anglais.

Tableau 20 : Comparaison de la longueur de l'épaule, de la longueur du bras, de la longueur de l'avant-bras, de la longueur du canon, de la longueur de l'ilium et de la longueur de la cuisse entre la classe (03) étudié et le Pur-sang Anglais.

Tableau 21 : Comparaison des tours de poitrine et canon antérieur entre la classe (01) étudié, le standard Barbe en Algérie et le Barbe

Tableau 22 : Comparaison des tours de poitrine et canon antérieur entre la classe (02) étudié, le standard Barbe en Algérie et le Barbe.

Tableau 23 : Comparaison des tours de poitrine et canon antérieur entre la classe (03) étudié, le standard Barbe en Algérie et le Barbe.

Tableau 24 : comparaison entre les indices corporel du profil (HG/LT) des 3 classes.

Tableau 25 : Indice de compacité (PV/LT) et indice de corpulence (TP/LT) de chaque classe.

Tableau 26 : Comparaison des mensurations moyennes du cheval Barbe entre la région de Tlemcen et celle d'Oran.

Tableau 27 : Comparaison des mensurations moyennes du cheval Barbe entre la région de Tlemcen et celle de Saida.

Tableau 28 : Comparaison des mensurations moyennes du cheval Barbe entre la région de Tlemcen et celle de Naama.

Tableau 29 : Test de sphéricité de Bartlett

Tableau 30 : Indice de Kaiser-Meyer-Olkin pour chaque paramètre.

Tableau 31 : représentations des Valeurs propres de l'ACP.

Tableau 32 : La représentation des paramètres sur le Dim 1 et Dim 2

Tableau 33 : comparaison de l'indice de diversité de Shannon et Weaver et de pour les trois races étudiées.

Tableau 34 : comparaison de l'indice de diversité de Shannon et Weaver pour les quatre régions étudiées.

Liste des annexes

Annex 01 : Questionnaire d'échantillonnage

Annex 02 : Construction de la matrice de corrélation

Annex 03 : Teste de barlette

Annex 04 : Indice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

Annex 05 : valeur propre

Annex 06 : les résultats de l'ACP

Liste des abréviations

%: Pourcentage

°C: Celsius

AB : Arabe-Barbe

ACP : analyse des composants principaux

ADN: Acide Désoxyribo Nucléotide

ADNmt: ADN mitochondrial

AFLP: Amplified Fragment Length Polymorphism

AR : Richesse Allélique

AR: Pur-sang Arabe

ARNm: ARN messenger

BA: Barbe BET: Bromure d'Éthidium

CAH: classification hiérarchique ascendante

CCE: Concours Complet d'Equitation

CSO : Concours de Saut d'Obstacles

D-loop : Displacement loop

DNA RFLP : Restriction fragment length polymorphism

dNTP : Désoxy Nucléotides TriPhosphates

DO : Densité Optique

DS: Déviation Standard

DSA : Direction de Santé Animale

EDTA: Ethylène Diamine Tétra Acétique

EST: Expressed Sequence Tag

FAO: Food and Agriculture Organization

FEA : Fédération Équestre Algérienne

FEI : Fédération Équestre Internationale

Gb: Giga bases HWE: Hardy-Weinberg Equilibrium

IgG : immunoglobulines de type G

INRA: Institut National de la Recherche Agronomique

ISAG: International Society for Animal Genetics

ITELV: Instituts Techniques d'Élevage

K: cluster
kb: KiloBase
Kg : Kilogramme
km: Kilometre
LD: Linkage of Desequilibrium
Mb: Megabase
Min : Minute
ml : Millilitre
mM: MiliMolaire
MP : Multiplexe
MT: Marqueur de Taille
n: Nombre
NaCl : Chlorure de sodium
NHGRI: National Human Genome Research Institute
nm: Nanomètre
OMCB: Organisation Mondiale du Cheval Barbe
ONDEEC : Office National du Développement de l'Élevage Équin et Camelin
p: signification statistique
Pb: Paires de base
PCR: Polymérase Chain Réaction
PMU : Pari Mutuel Urbain
PSA : Pur-sang Anglais
PSAr : pur-sang arabe.
PV : Poids vif
QTL : quantitative trait loci
QTN : quantitative trait nucléotides
RAPD: Random Amplified Polymorphic
RGA : Ressources Génétiques Animales
SAV : Sérums Antivenimeux
SCHPMU: Société des Courses Hippiques et du Pari Mutuel
Sec: Second
SNP: Single Nucleotide Polymorphism
STR: Short Tandem Repeats
Taq: Thermus Aquaticus

TF: Trotteur Français

U: Unité

USNV: Université des Sciences de la nature et l'environnement

WAHO: World Arabian Horse Organisation

µl : Microlitre

µM: Micromolaire

Introduction

La biodiversité dans l'agriculture est le produit de milliers d'années d'activité au cours desquelles l'homme a cherché à satisfaire ses besoins dans des conditions climatiques et écologiques très différentes. En effet, la variabilité génétique d'une espèce représente son potentiel évolutif, qui permet notamment l'adaptation des espèces face aux variations environnementales ou à la résistance aux nouvelles maladies (**Berber *et al*, 2016**).

En Algérie, les ressources génétiques animales offrent une grande diversité de races quant à leur adaptation et leur aptitude de production dans leur environnement naturel. Les équins ne font pas exception à ce constat. Ils constituent à ce titre une richesse variée, avec une grande importance économique et socio-culturelle. La filière équine occupe une place de choix dans l'histoire et l'économie de l'Afrique du nord. En Algérie, le cheval constitue un véritable acteur de développement durable notamment dans le domaine environnemental, en jouant un rôle particulier dans une gestion des espaces et des paysages bénéfiques au maintien et au développement de la biodiversité, mais également dans son rapport avec l'homme en contribuant par ailleurs aux activités sportives, sociales et culturelles. Dans ce contexte, le développement de l'élevage équin nécessite sa rationalisation et par conséquent l'emploi des techniques modernes de gestion des ressources génétiques équines (**Paulin 2013**).

La population mondiale des chevaux est estimée à 58 millions dont 60% sont des chevaux de trait, essentiellement localisés dans les pays en développement, une proportion importante des autres est utilisée pour les courses, les sports équestres et les loisirs, constituant un secteur en pleine expansion (**Murray G et al, 2013**).

La population équine Algérienne, estimée à 46356 chevaux, est constituée à 90% de chevaux Barbe et Arabe Barbe (et selle Algérien). Les 10% restant se répartissent entre chevaux Arabe, Pur-sang Anglais et Trotteur Français (**FAO, 2021**).

La base de données DAD-IS répertorie en 2018 deux races de chevaux élevées en Algérie : l'Arabe-barbe et le Barbe (**DAD-IS consulté en octobre 2018**). Cependant l'Arabe (**Élise Rousseau, 2014**), le Pur-sang Anglais et le Trotteur Français font aussi l'objet d'élevage plus ou moins important (**Berber *et al*, 2016**). Les deux races Arabe-barbe et le Barbe proviennent des régions côtières de l'Afrique du Nord. Ils sont généralement utilisés dans la fantasia (exposition traditionnelle d'équitation au

Maghreb lors de festivals culturels), ainsi que dans les sports équestres. Il y a environ 10 000 têtes appartenant à la race Barbe et 80 000 têtes Arabe-Barbe (**Kadri, 2006 ; Berber *et al*, 2016**).

Pour le cheval comme pour bon nombre d'animaux domestiques, les races possèdent un registre généalogique ou "stud-book". Les listes des ancêtres inscrits dans le registre ont été sélectionnés sur une période assez longue pour assurer la production d'une souche aux caractères constants et bien définis : taille, morphologie, actions et, parfois, couleur de robe. Le "stud-book" peut être fermé (seuls les animaux descendants d'animaux déjà enregistrés peuvent faire partie de la race) ou ouvert (le registre accepte des croisements avec d'autres races). L'inscription d'un cheval à un tel registre est soumise à des règles de signalement et de conformité au standard de race (**Haupt et Willis, 2001**). Ces informations sont reprises par de vastes bases de données spécialisées.

Malheureusement, au cours des dernières années, l'Algérie connaît un rythme de dégradation de la biodiversité qui implique la mise en place d'un système global de conservation et de gestion des ressources génétiques exploitées par et pour l'agriculture, d'après les tendances observées à l'échelle mondiale, par la FAO. La cause la plus importante est due à la sélection d'un nombre limité de races à fort potentiel économique, soit par substitution des races locales soit par des croisements (**Benhammadi et Mezouar, 2016**).

L'information sur la diversité génétique est essentielle pour optimiser les stratégies de conservation et d'utilisation des ressources zoogénétiques. Pour l'ensemble de ces raisons, notre travail s'inscrit dans le contexte de la présente stratégie. Elle s'intéresse à la fois à la caractérisation morphologique et moléculaire de la race équine de fantasia en Algérie. Cette étude sera basée sur l'analyse de marqueurs ADN de type microsatellites, en utilisant les techniques innovantes de bio-informatique sur des bases existantes. Ce qui permettra de construire une base de données spécifique de ces races et aussi de mieux analysé leurs aptitudes. Cette étape est très importante pour l'amélioration et la préservation de notre patrimoine génétique équin de fantasia.

Pour toutes ces raisons, nous nous sommes intéressés à lancer cette première étude qui consiste à étudier les caractères morphologiques et génétiques de 68 chevaux de fantasia des races : Barbe, Arabe-Barbe et Anglais-Barbe, par l'étude du

polymorphisme génétique des microsatellites au niveau de Nord-Ouest de l'Algérie dans 8 régions : Ghazaouet, Nedroma, Meghnia, Sabra, Zenata, Henaya, Ain fza et Ben sekrane de la wilaya de Tlemcen, la région de Belkaid de la wilaya d'Oran, la région de Sidi Youcef de la wilaya de Saida, et la région de Mechriya de la wilaya de Naama. Les principaux objectifs de ce travail sont :

- La réalisation des enquêtes sur le terrain sur tout le territoire national pour mieux comprendre le contexte dans lequel évolue la filière équine de fantasia.
- Caractérisation morphométrique (26 paramètres, 20 mesurable et 6 estimés) d'un nombre statistiquement correct des races équin de fantasia en Algérie.
- L'échantillonnage sanguin à grande échelle d'animaux non apparentés des chevaux de fantasia.
- Constitution d'une bibliothèque d'ADN des races équines de fantasia, afin de préserver et améliorer la variabilité génétique.
- Identifier et distinguer les races équines de fantasia en Algérie pour mieux contrôler cette population.

Notre travail est divisé en 3 parties, la première partie est consacrée à la recherche bibliographique. Dans cette partie, nous rappellerons tout d'abord le contexte dans lequel évoluent l'espèce équine et son élevage. La deuxième partie on l'a consacrée pour « Matériels et méthodes » qui présentera le procédé suivi pour réaliser une enquête sur le terrain qui a visé à établir les mesures morpho métriques, ainsi que la réalisation d'un prélèvement sanguine pour l'extraction d'ADN. Au niveau de cette partie on va aussi exposer les différents tests qui nous permis l'exploitation des données morphométrique et les bases de données moléculaires de type microsatellites. Au niveau de « Résultats et discussion » nous présenterons d'une part, l'analyse descriptive des mensurations corporelle et des caractères phénotypiques ainsi que celle exploitée à partir de la base de données moléculaire et comparerons nos résultats avec ceux déjà présenté par d'autre chercheurs auteur du monde. Et pour finir, nous aborderons une conclusion générale qui synthétise les résultats obtenus et mettront en évidence quelques perspectives de recherche à envisager à l'avenir.

Revue Bibliographique

Chapitre I : Données générales sur le cheval

Le cheval vient du mot latin *Equus ferus caballus* ou *Equus caballus*. Il fait partie d'une des sept espèces de la famille des équidés. C'est un mammifère, herbivore et ongulé. Il est classé selon le tableau 1.

1. Taxonomie :

Tableau 8 : Taxonomie de l'espèce équine tirée du site :

<http://animaux.org/chevaldomestique.htm>.

Règne	Animal
Embranchement	Chordé vertébré
Classe	Mammifère placentaire
Ordre	Périssodactyle
Famille	Équidé
Genre	<i>Equus</i>
Espèce	<i>caballus</i>

2. Terminologie :

Le cheval porte des noms différents suivant son genre (mâle ou femelle), son âge ou ses capacités à se reproduire.

Tableau 9: Noms de cheval (Sevestre et al, 1983).

Terme général	Cheval
Nom scientifique	<i>Equus caballus</i>
Adulte femelle utilisée pour la reproduction	Poulinière
Adulte femelle non reproductrice	Jument
Adulte mâle utilisé pour la reproduction	Etalon
Adulte mâle non reproducteur	Entier
Mâle sans organe reproducteur (châtré)	Hongre
Jeune (terme général)	poulain 6
Jeune femelle	Pouliche
Jeune mâle	Poulain
Poulain né l'année d'avant	Yearling
Poulain né dans l'année en cours	Foal

3. Origine et évolution des chevaux :

L'histoire du cheval remonte à la préhistoire, à quelque 60 millions d'années avant l'apparition de l'homme *Homo erectus* (Lehmann & Steppan, 2000). Le petit mammifère originel devait donner 59 millions d'années plus tard le cheval tel que nous le connaissons aujourd'hui. Pendant un million d'années, il fut une proie pour l'homme comme en témoignent les peintures ornant les grottes habitées par l'homme de Cro-Magnon voici 15 à 20 000 ans. Puis les peuples nomades de la steppe eurasiennne, plus particulièrement ceux du pourtour de la mer Caspienne et de la mer Noire, entamèrent il y a 5 000 à 6 000 ans le processus de domestication du cheval, ce qui accéléra son évolution (Georges FAFOURNOUX, Académicien de la Dombes).

•**Souche initiale** : Le cheval "vrai" a évolué à partir de *Pliohippus* environ 5 millions d'années plus tard, au cours de la seconde moitié de l'ère glaciaire. Son nom scientifique est *Equus caballus*. De nombreuses formes d'*Equus* coexistèrent durant les périodes glaciaires et post-glaciaires. On pense aujourd'hui que le cheval domestique est issu du cheval de forêt, du cheval de Przewalski, du Tarpan et du Toundra, ce dernier étant cependant contesté par certains hippologues.

• **Le cheval de forêt** : (*Equus caballus silvaticus*) survécut jusqu'à l'époque postglaciaire. Il devait mesurer 1,50 m au garrot, avec des membres épais et un corps lourd pour un poids...

• **Le cheval de Przewalski** : (*Equus przewalski Poliakov*) est le seul cheval sauvage ayant survécu jusqu'à l'époque actuelle. Taki en Mongolie et Kertag pour les Kirghizes, ce cheval a été découvert en 1879 dans les steppes de l'Asie centrale par l'explorateur russe (**Nikolaï Mikhaïlovitch Przewalski 1839-1888**) et décrit par le zoologiste (**J.S. Poliakov en 1881**). Aux temps préhistoriques, il peuplait les steppes de l'Europe et de l'Asie centrale, à l'est du 40ème méridien qui marque la frontière avec l'aire du Tarpan. Il est actuellement élevé dans quelques zoos en vue d'une reproduction dans la nature (**Campanes, 1983**).

• **Le Tarpan** : (*Equus caballus gmelini*), cheval plus léger que le précédent, a disparu en tant qu'animal sauvage avec la mort de la dernière jument en 1880 en Crimée du Nord. Un troupeau, "reconstitué" à partir d'une souche descendant du tarpan, vit actuellement en semi-liberté dans les réserves Polonaises de Popielno et de Bialowiecza..

• **Le Toundra** : Certains scientifiques pensent que la toundra serait l'ancêtre du petit poney yakoute et n'aurait pas eu d'influence sur les souches domestiques.

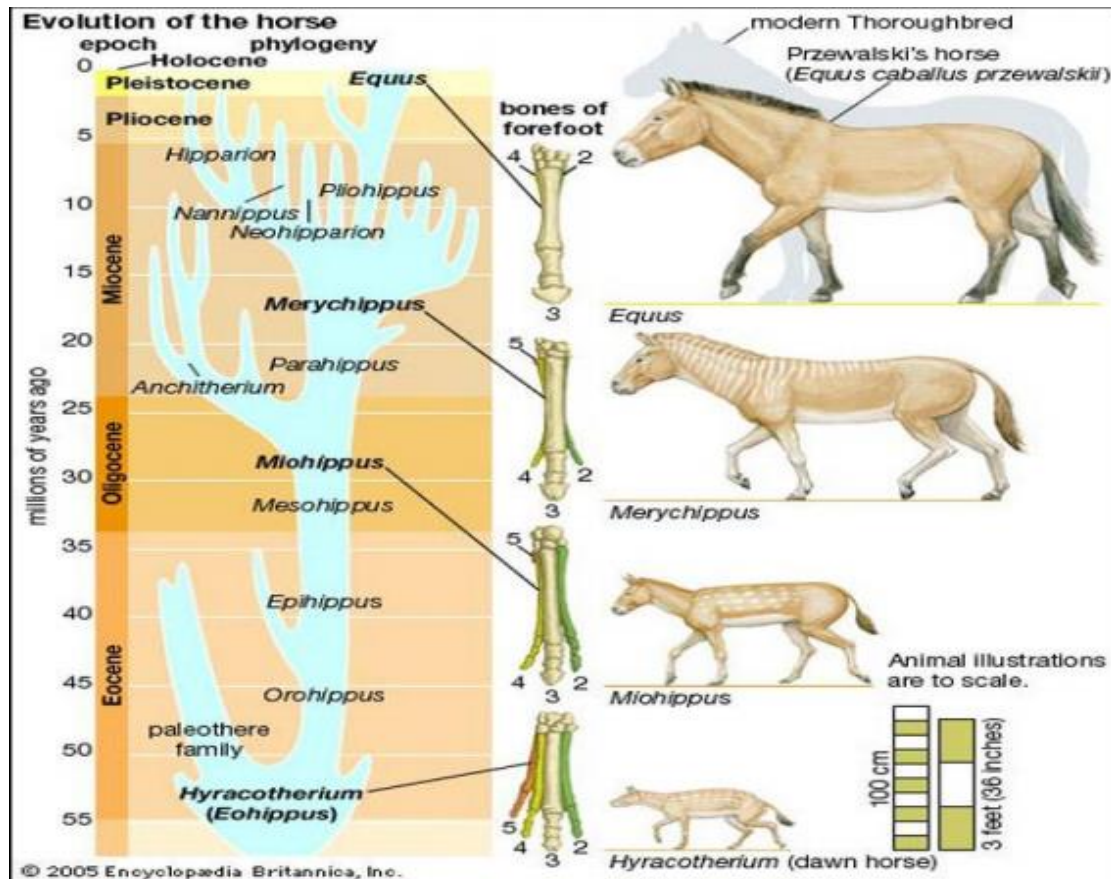


Figure 1: Schéma d'évolution des équidés. Tirée du site : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Evolution_du_cheval.gif.

4. Domestication du cheval :

Le cheval fut le dernier animal à être domestiqué avec succès par l'homme. La vigueur, la méfiance et l'agressivité des chevaux sauvages ont sans doute été longtemps dissuasives (Berber.N, 2016).

La domestication du cheval a commencé il y a environ 4 000 à 5 000 ans dans les steppes russo-asiatiques. Elle s'est bien développée après celle du chien, des chèvres, des moutons et des bœufs. On ne sait pas si ce sont les peuples sédentaires ou les nomades qui les premiers ont domestiqué le cheval (Eisemann, 1980). Quoiqu'il en soit, l'homme du néolithique va l'employer pour des tâches quotidiennes, attelé à des traîneaux ou à des charrues (Vigneron, 1968). Des études génétiques ont montré qu'il devait exister deux types de chevaux sauvages, notamment des petits chevaux à crinière dressée, comme le tarpan (*Equus ferus ferus*) qui vivaient plutôt en milieu découvert (steppes, prairies), et des chevaux

plus massifs Prjevalski (*Equus ferus przewalskii*), qui vivaient en forêt. La domestication du cheval se serait produite en différents lieux, les diverses races actuelles de chevaux domestiques (*Equus ferus caballus*) trouvant leur origine chez l'une ou l'autre de ces formes sauvages (Vigner, 1968)

5. Distribution géographique :

À l'origine, les chevaux vivaient libres dans les prairies d'Amérique du Nord, d'Amérique du Sud, d'Europe, d'Asie et d'Afrique. Aujourd'hui, ils sont presque tous domestiqués, et vivent avec les hommes dans le monde entier. Le seul cheval sauvage existant encore est le cheval de Prjewalski. Mais il vit principalement dans des zoos. Certains chevaux qui se déplacent en liberté descendent de races domestiquées (chevaux de Camargue, mustangs d'Amérique du Nord) (Universalis).

Autrefois, le cheval de PRZEWALSKI régnait sur toute l'Europe et une grande partie de l'Asie. Les hommes préhistoriques laissèrent 610 représentations de chevaux sauvages dans les grottes ornées de France, d'Italie et d'Espagne. Les plus anciennes remontent à 30 000 ans, et pour les plus récentes à 9 000 ans. Avec les temps modernes, il se fait de plus en plus rare (Réserves Biologique des Monts d'Azur).

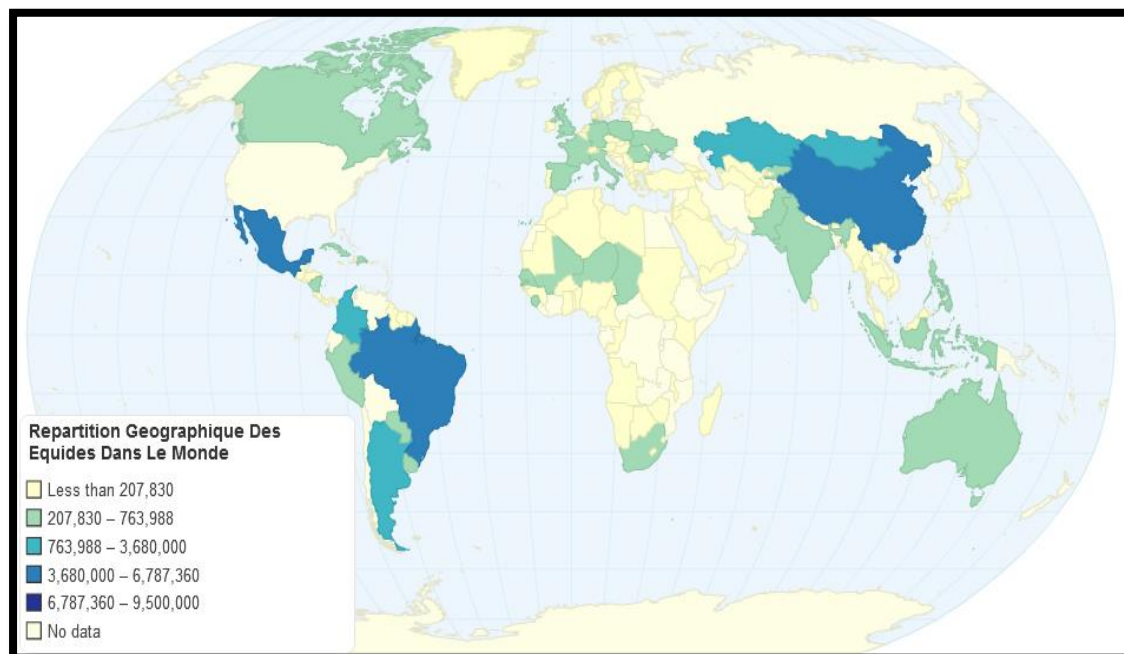


Figure 2: Répartition Géographique des Equidés dans le monde, tiré du site : <http://chartsbin.com/view/5624>

6. Physiologie du cheval :

6.1. Morphologie du cheval :

La morphologie c'est la description physique externe d'un cheval ou d'un autre équidé, elle inclut une description de l'apparence générale de l'animal et l'étude de ses parties externes, elle permet de décrire et d'apprécier les beautés, déficiences et tares d'un cheval. Ainsi il existe un vocabulaire spécifique pour les différentes parties du corps, il ne faut pas confondre la morphologie avec l'anatomie, qui est la description des parties internes du cheval (**Sibylle et Gabriele, 2002**). La morphologie générale c'est le physique extérieur d'une façon globale est déterminée par trois critères (**Horse village 2010**) :

- La taille qui peut être plus élevée ou plus réduite par rapport à la moyenne des autres chevaux.
- Le profil est notamment le profil de la tête qui révèle ses origines.
- Le rapport entre ses proportions (entre la hauteur au garrot et le tour de la taille généralement).

6.1.1. La taille :

Un cheval mesure du sol au sommet du garrot. Le plus facile est de se servir d'une toise avec un bras horizontal qui se pose sur le garrot. Généralement, la taille d'un cheval ou d'un poney se mesure en mètre et en centimètre. Ainsi on dira un cheval de 1.65 m ou un poney de 90 cm.

-Classement par taille : Le cheval peut être :

- **Eumétrique** : Taille normale par rapport aux autres (1,55 m au garrot).
- **Hypermétrique** : Plus grand que les autres (1,70 m au garrot).
- **Hypométrique ou eliptométrique** : Plus petit (1.00 m au garrot).

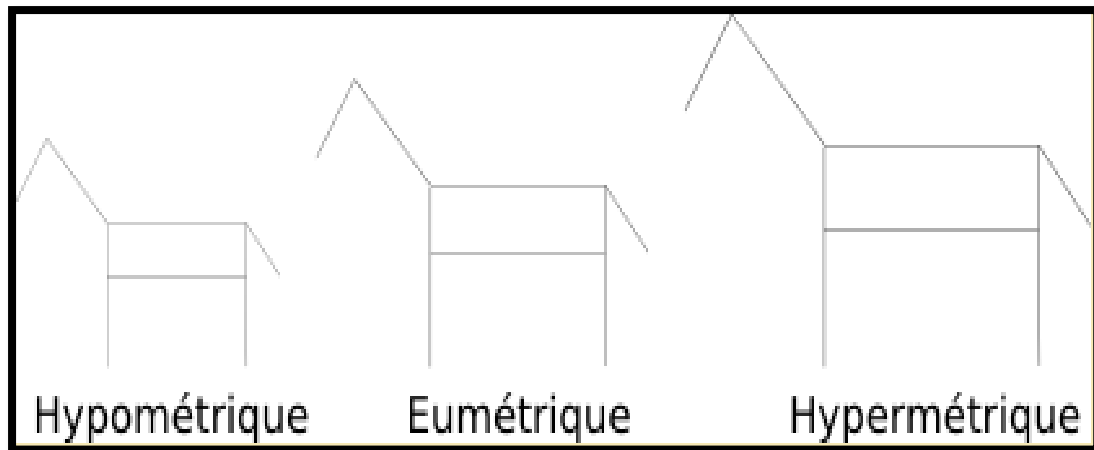


Figure 3: Classement de la taille du cheval. Tirée du site :

[http //horse-village.com/](http://horse-village.com/)

6.1.2. Le profil :

Est une étude de la forme générale du corps, en partant du chanfrein et de l'encolure.

-Classement par profil : Il existe trois profils possibles :

- **Convexe** : S'il a le dos « rond » et le chanfrein convexe (ou busqué).
- **Rectiligne** : S'il a le dos droit et le chanfrein droit.
- **Concave** : S'il a le dos « creux » et le chanfrein creusé aussi.

Les termes sub-concave et sub-convexe désignent les profils peu marqués ultra concave et ultra convexe des profils très marqués. (Lucien, 1903).

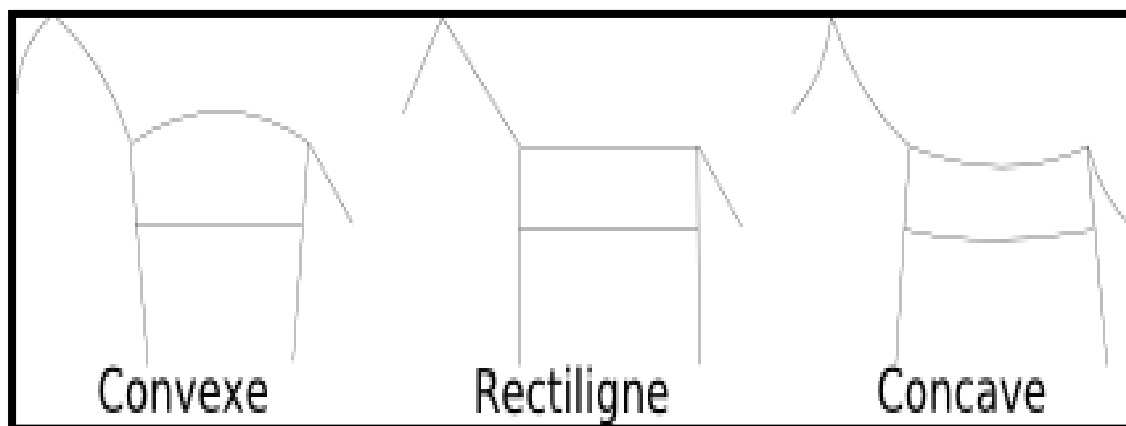


Figure 4: Classement du profil de cheval. Tirée du site :

[http //horse-village.com/](http://horse-village.com/)

6.1.3. Les proportions :

Le poids des équidés est généralement en relation avec leur proportion.

La proportion prend en compte la taille des membres par rapport à la hauteur du corps, et à la largeur du corps par rapport à sa hauteur (on imagine donc une « coupe » du cheval faite au milieu du dos).

-Classement par proportions :

- **Longiligne (ou dolichomorphe)** : Cheval élancé, corps plus haut que large, avec une impression de grands membres.
- **Médioligne (ou mésomorphe)** : Cheval moyen, de corps légèrement plus haut que large.
- **Bréviligne (ou brachy morphe)** : Cheval trapu, corps rond, avec une impression de petits membres.

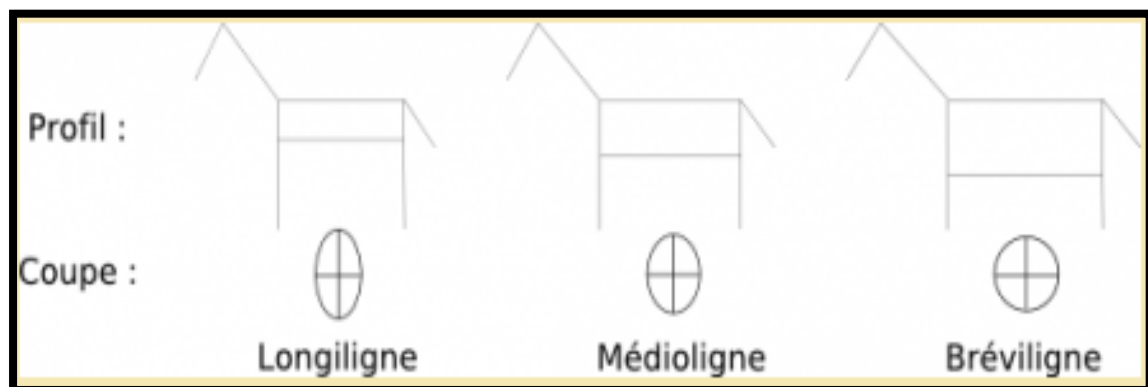


Figure 5: Classement les proportions du cheval. Tirée du site :

[http //horse-village.com/](http://horse-village.com/)

6.2. Sens du cheval :

Le cheval dispose de cinq sens mais parfois, on parle même d'un sixième sens. Les sens les plus développés chez le cheval sont l'odorat, l'ouïe et le toucher. Par exemple, les vibrisses de son menton composant la barbe, lui permettent de reconnaître ce qu'il ne voit pas ; tandis que son odorat lui permet d'identifier les individus -qu'il s'agisse des membres de sa harde ou non, comme des hommes croisés dans sa vie, les plantes éventuellement toxiques ou comestibles. Le cheval dispose d'un angle de vue de 340 degrés, avec seulement deux angles morts situés exactement devant et derrière lui : sa

vision lui permet de voir sur les côtés comme la cravache du cavalier, mais il ne voit pas une main posée directement sur son chanfrein ou si quelque chose lui est présenté au niveau de sa bouche. Pour cette raison, il faut lui faire sentir la main avant de le caresser pour ne pas le surprendre. Certains chevaux devenus aveugles peuvent tout de même vivre à peu près normalement : ils se font aider d'un congénère. Un cheval aveugle fut même champion de France de dressage (**Hellowtejiozem, 2007**).

6.3. Régime alimentaire :

Comme tout herbivore, la ration principale est constituée d'herbe pâturée pour l'essentiel. Les constituants de la ration sont sensiblement identiques aux bovins, hormis l'utilisation des fourrages humides à faible teneur en matière sèche (**Haras Nationaux Français, 2006**).

Un cheval adulte consomme de 1,5 à 3 kg de MS par jour et pour 100 kg de poids vif, soit :

- 7 kg de MS par jour pour un cheval de 2 ans à l'entretien
- Jusqu'à 15 kg de MS par jour pour une jument au 3^{me} mois d'allaitement.

Il faut de 4 à 5 tonnes de MS par an pour nourrir une jument adulte, soit environ 1 ha avec une fertilisation azotée réduite (**Haras Nationaux Français, 2006**).

Les chevaux boivent environ 20 à 40 litres d'eau par jour et jusqu'à deux fois plus en été ou pour les chevaux lourds (**Hellowtejiozem, 2007**).

6.4. Reproduction du cheval :

Techniquement, la reproduction des femelles est possible à partir de 2 ans, mais la majeure partie est mise à la reproduction à 3 ans. Les mâles ne sont agréés à la reproduction qu'à partir de 3 ans, exceptionnellement 2 ans.

Les techniques de monte sont les suivantes : monte en liberté, monte en main - étalon tenu à l'écart des juments-, insémination artificielle en sperme frais, en sperme congelé ou réfrigéré transporté (**Haras Nationaux Français, 2006**).

La durée de gestation est en moyenne de onze mois (310 à 360 jours) et la jument ne donne naissance qu'à un seul poulain à la fois sauf exception. Ce processus est appelé le poulinage et on dit que la jument pouline (**Haras Nationaux Français, 2006**).

Un poulainage avant 300 jrs sera considéré comme un avortement car le poulain est non viable ou prématuré.

Durant les 6 premiers mois le fœtus se développe progressivement, il atteint 50% du poids de naissance au cours du 9 ème mois. La taille du poulain s'adapte dans le ventre de sa mère et à la morphologie de celle-ci (**Bourdais, 2011**).

Dans la nature, les poulains naissent en général au printemps. Pour des raisons économiques, les éleveurs recherchent une naissance plus précoce au début de l'année et parviennent à déclencher des chaleurs en jouant par exemple sur l'intensité de l'éclairage (**Haras Nationaux Français, 2006**).

A la naissance, le poulain pèse environ une quarantaine de kilogrammes et son poids double au cours du premier mois. Le poulain sait marcher moins d'une heure après la naissance et dispose de la vision dès la naissance. Le poulain devient adulte entre deux et cinq ans suivant la race à laquelle il appartient. Certaines sont plus précoces que d'autres.

Le cheval peut s'accoupler avec d'autres équidés. Le produit d'un étalon et d'une ânesse est un bardot, celui d'un baudet et d'une jument est un mulet ou une mule, celui d'une jument et d'un zèbre est dénommé zébrule ou zorse (**Hellowtejiozem, 2007**).

6.5. Locomotion et allures :

Pour se déplacer, le cheval mobilise ses membres dans un certain ordre qui permet de caractériser les allures (**Figure 6**), c'est-à-dire les différentes façons de se déplacer. Les allures sont classées en trois catégories qui sont les allures naturelles, les allures artificielles et les allures défectueuses (**Berber. N, 2016**).

- **Allures naturelles** : exécutées d'instinct par le cheval et dont font partie notamment le pas, le trot, le galop, l'amble et le tölt (pour les chevaux islandais en particulier), le reculer et le saut.
- **Allures artificielles** : acquises par le dressage, comme le passage, issu du trot, le pas d'école, le pas espagnol.
- **Allures défectueuses** : qui résultent d'une douleur ou d'une mauvaise utilisation du cheval, comme l'aubin du devant (trot des postérieurs et galop des antérieurs), l'aubin du derrière (trot des antérieurs et galop des postérieurs), le traquenard (trot décousu ou désuni par dissociation des bipèdes

diagonaux), le galop désuni (galop à droite des postérieurs et galop à gauche des antérieurs, ou vice-versa) et le galop à quatre temps, galop lent qui dissocie le bipède diagonal.

Le pas : (6 à 7 km/heure)



Le pas est une allure à quatre temps. C'est l'allure la plus lente du cheval. Le corps est toujours appuyé sur trois de ses membres, un seul à la fois étant soulevé.

Le trot : (14 à 15 km/heure)



L'allure est sautée, en diagonale et en deux temps. Les membres diagonaux se déplacent de façon symétrique, assurant l'équilibre.

Le galop : (20 à 30 km/heure)



Le galop est une allure sautée, dissymétrique, à 3 temps suivis d'une phase de projection.

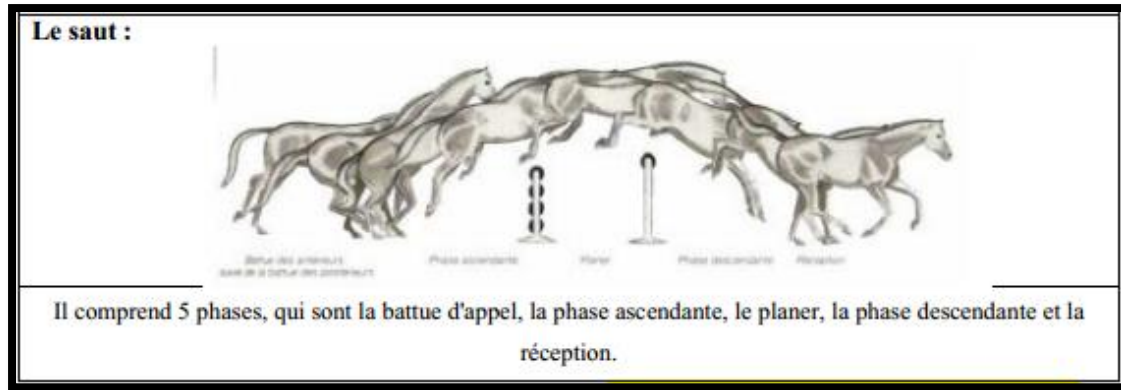


Figure 6: Les différentes allures naturelles du cheval. Tirée du site :

[www // Physiologie et anatomie équin. http](http://www.physiologie-et-anatomie-equin.com)

7. Thérapie équine :

L'aventure de l'homme avec le cheval a commencé il y a plusieurs millénaires, à travers sa domestication et l'exploitation de ses nombreuses qualités dans des domaines très variés qui sont : le transport, le sport, l'agriculture, le loisir, la guerre et la biothérapie. Le domaine de la biothérapie a développé une gamme des produits biologiques d'origine équine avec des applications diverses. Ces applications ne sont pas toujours appréhendées surtout dans nos pays. Ainsi, les sérums thérapeutiques sont les médicaments biologiques d'origine équine les plus connus. Ils se présentent généralement sous forme de solutions, ayant pour principe actif soit les immunoglobulines G (IgG), soit leurs fragments bivalents F (ab')₂ ou simplement leurs fragments F (ab) (**Salwa et al, 2003**). Les formes les plus connues sont les sérums antivenimeux (SAV), les sérums antirabiques, les sérums antitétaniques et les sérums antidiptériques (**Klassset, 2006**).

Le lait de jument contient les mêmes constituants de base que celui de toutes les espèces de mammifères, mais se différencie nettement de celui des autres herbivores domestiques exploités pour leur production laitière (bovins, ovins, caprins) par des teneurs en matière azotée et en lipides plus faibles et surtout de qualité très différente. De par sa teneur en lactose élevée, il s'apparente beaucoup au lait de femme et, à ce titre, il a souvent été employé comme substitut du lait de femme. (**Klassset, 2006**) :

Le rôle thérapeutique du lait de jument serait dû, d'une part à une activité antibiotique, d'autre part à sa richesse en acides gras poly-insaturés qui agiraient défavorablement dans le métabolisme du cholestérol et favoriseraient ainsi la synthèse des

prostaglandines. Ce rôle est mis à profit dans les soins de la peau, le traitement des maladies digestives, cardiaques, pulmonaires et diabétiques. En France, le lait de jument est prescrit sous trois formes (**Klassset, 2006**) :

- **Liquide cryo-précipité** : lait congelé en pack de 250 ml pour cure d'un à deux mois.
- **Poudre lyophilisée** : boîte pour cure d'un à deux mois à raison de 125 ou 250 ml par jour.
- **Gélules végétales** : lait en poudre lyophilisée et compactée.

8. Classification et notion de race :

De nos jours, la classification des chevaux est établie à partir de la race : Les races issues de l'espèce chevaline sont nombreuses et variées. Cette grande diversité a pour origine leur adaptation à l'environnement (aptitude à jeûner, résistance aux hautes températures ou encore sûreté de pied en terrain montagneux), et surtout l'élevage sélectif puis les croisements opérés par l'homme sur le cheval domestique. Certains traits tels la rapidité, la capacité de portage ou encore celle à tracter de lourdes charges, ont été privilégiés (**Sevestreet Rosier, 1991**). Les races sont généralement divisées en trois grandes catégories : les chevaux de trait destinés à la traction, les chevaux de selle destinés à être montés (y compris chevaux de sport pour le haut niveau) et les poneys. Les cobs, chevaux à deux fins pouvant être montés aussi bien qu'attelés, sont parfois classés à part. Pour le cheval comme pour bon nombre d'animaux domestiques, des listes d'ancêtres ont été établies et de nombreuses races possèdent un registre d'élevage qui peut être fermé (seuls les animaux descendants d'animaux déjà enregistrés peuvent faire partie de la race) ou ouvert (le registre accepte des croisements avec d'autres races). L'inscription d'un cheval à un tel registre est soumise à des règles de signalement et de conformité au standard de race. Ces informations sont reprises par de vastes bases de données spécialisées. Les races les plus connues incluent le Pur-Sang, l'Arabe, le Frison, le Pure race espagnole et son voisin le Lusitanien, le Quarter Horse, le Percheron, le Fjord, le Haflingeret et le poney Shetland (**Sevestre et Rosier, 1991**). La liste des races de chevaux est toutefois riche de plusieurs centaines de races.

9. Génétique des équins :

Le génome équin s'apparente fortement à celui des autres génomes de mammifères. Il mesure environ 2,7 giga bases (Gb), une taille légèrement inférieure à celle de l'homme (2,9 Gb). L'analyse plus fine de ce génome prédit l'existence d'un peu plus de 20 000 gènes codant pour des protéines dont environ 17 000 sont similaires à des gènes de l'Homme, de la souris et du chien (**Jussiau *et al*, 2013**). (**Figure 7**). La correspondance avec le génome humain est élevée puisque 17 des 32 chromosomes équins sont similaires à un chromosome humain, bien que des inversions dans l'ordre des séquences soient observées. Les autres chromosomes sont quant à eux similaires à l'assemblage de plusieurs chromosomes humains (**Jussiau *et al*, 2013**). Ces données situent le génome équin plus proche de celui de l'homme que ne le sont celui du chien ou de la souris par exemple.

Le séquençage du génome équin a été réalisé en 2006 aux Etats-Unis par le Broad Institute et annoncé officiellement le 7 février 2007 (**Jussiau *et al*, 2013**).

Connaître le génome du cheval permettra de comprendre les aspects génétiques de la pathogénie des maladies équines, et de sélectionner à coup sûr les caractères intéressants. La qualité de l'élevage équin bénéficiera également de ces avancées technologiques qui permettront de guider objectivement le choix des éleveurs.

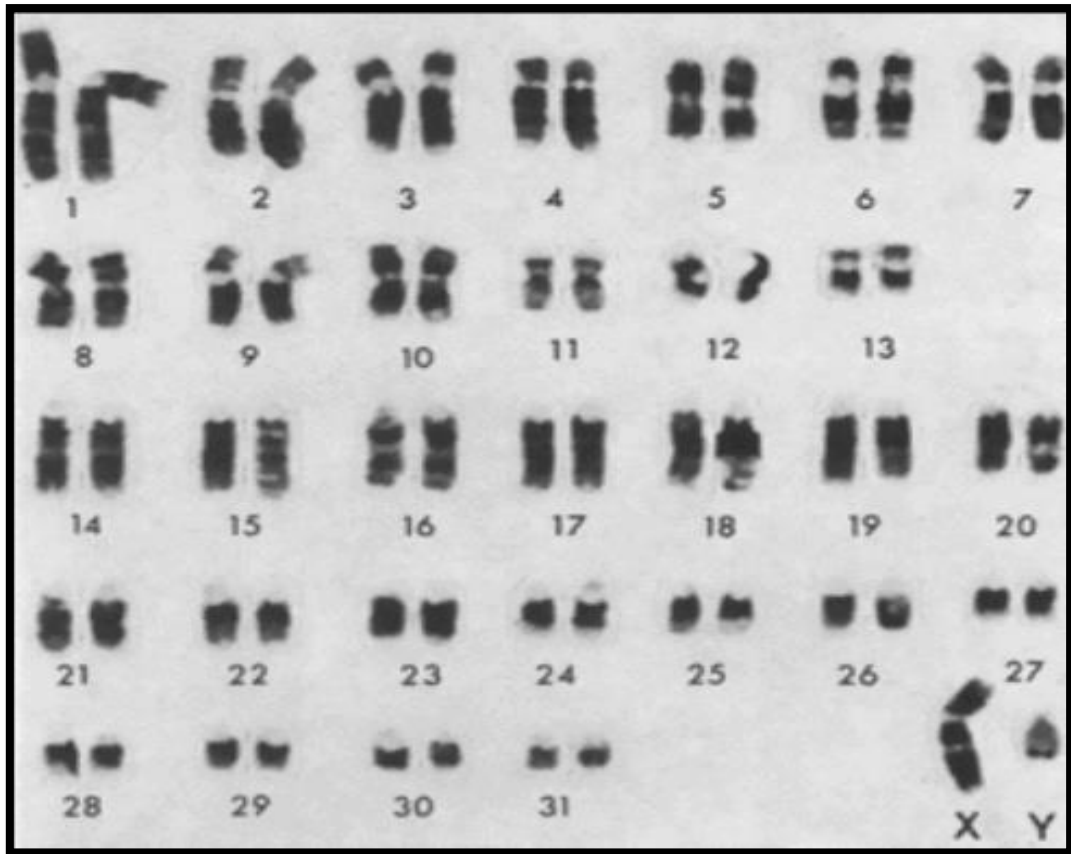


Figure 7: Caryotype d'un étalon obtenu par la méthode des banding G
(Cribiu *et al*, 1998).

Chapitre II : LA FILIERE ÉQUINE EN ALGERIE ET SYSTEME D'ÉLEVAGE

La filière équine constitue un élément incontournable de l'histoire et de la culture algérienne. De par sa diversité et sa complexité, la filière équine constituée un facteur remarquable d'utilisation et de développement durable. En effet, de nombreux secteurs sont concernés et les structures s'avèrent multiples et hétérogènes. La filière équine se distingue ainsi des autres productions animales par des débouchés non alimentaires : loisirs, compétition, équitation, spectacle.

1. Historique du cheval en Algérie :

L'Algérie est le pays type d'une grande et ancestrale tradition équestre. Le cheval endosse différents rôles, allant du compagnon de l'homme au véritable athlète dans les tribus berbères de Syphax, Jugurtha et Massinissa, aux épopées de l'Emir Abdelkader, d'El Mokrani et de Bouamama.

L'apparition des équidés en Algérie, remonte à la période préhistorique au cours du 4ème millénaire (**Alimen, 1955**), tels qu'en témoignent les vestiges archéologiques, dessins rupestres et mosaïques qui présentent des chevaux de conformation et de types similaires à ceux du cheval barbe d'aujourd'hui. Grâce à des fouilles archéologiques effectuées en Algérie, on a abouti à l'identification des restes osseux de l'espèce *Equusalgericus* (**Figure 8**), situés au Sud Est de Tiaret et à Hydra aux environs d'Alger (**Chaid-Saoudi, 1988**)

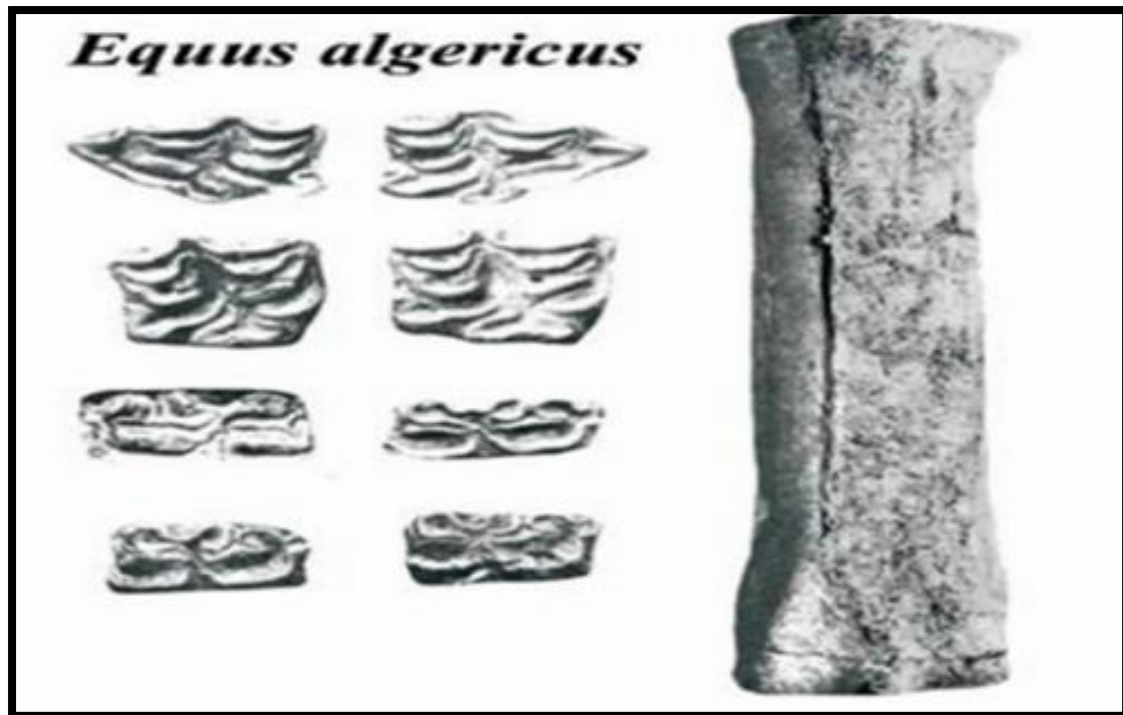


Figure 8: Restes osseux de l'espèce *Equus algericus* situés au Sud Est de Tiaret et à Hydra (Chaid-Saoudi Y, 1988).



Figure 9: *Equus africanus*, lac Karâr, Algérie, (Pléistocène moyen, Tlemcen, Algérie) (Sam. Y, 2018).

2. Effectifs de la production équine et son évolution en Algérie :

La filière équine connaît un développement considérable sur les dernières années, aussi bien en nombre de chevaux existants, qu'en nombre d'éleveurs et de pratiquants de l'équitation. Plus de 256.000 chevaux vivent sur le territoire Algérien (**selon les derniers recensements du Ministère Algérien de l'Agriculture en 2012**).

Ces données ne reflètent que partiellement la réalité puisqu'aujourd'hui, de nombreux équidés échappent à ce recensement. L'Algérie est ainsi classée au deuxième rang après la Tunisie des pays du Maghreb en termes d'effectifs d'équidés (**Rahal et al, 2009**).

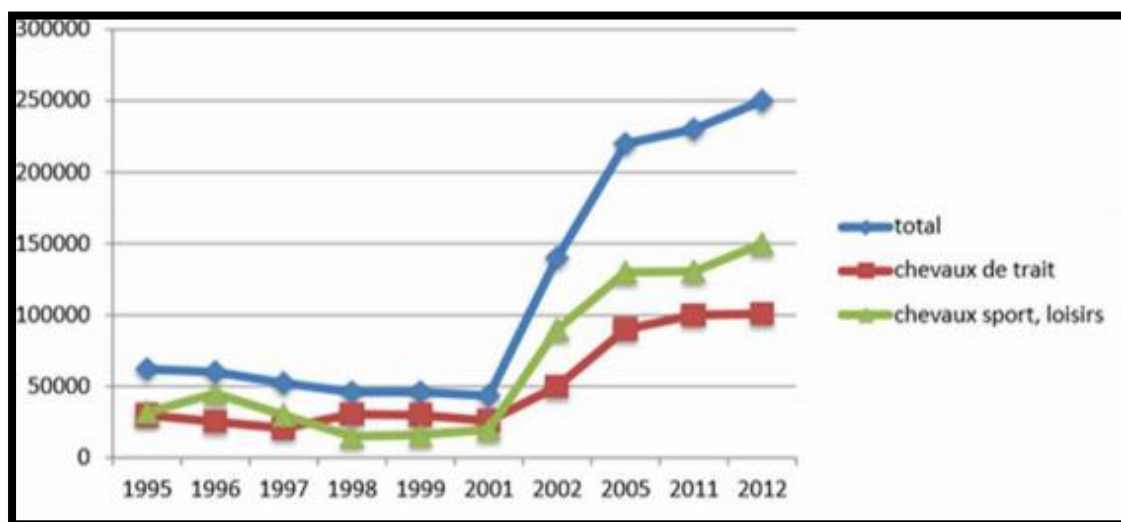


Figure 10: Schéma d'évolution de l'élevage équin en Algérie
(Source : Ministère Algérien de l'Agriculture 2012).

3. Répartition géographique de l'élevage équin :

La répartition de la population équine intéresse les différentes régions de l'Algérie avec les trois quarts de l'effectif répartis essentiellement dans les hauts plateaux, à l'instar des wilayas de Tiaret, Laghouat, Djelfa, Mascara, Skikda, Saida et El-Bayadh (**Figure11**).

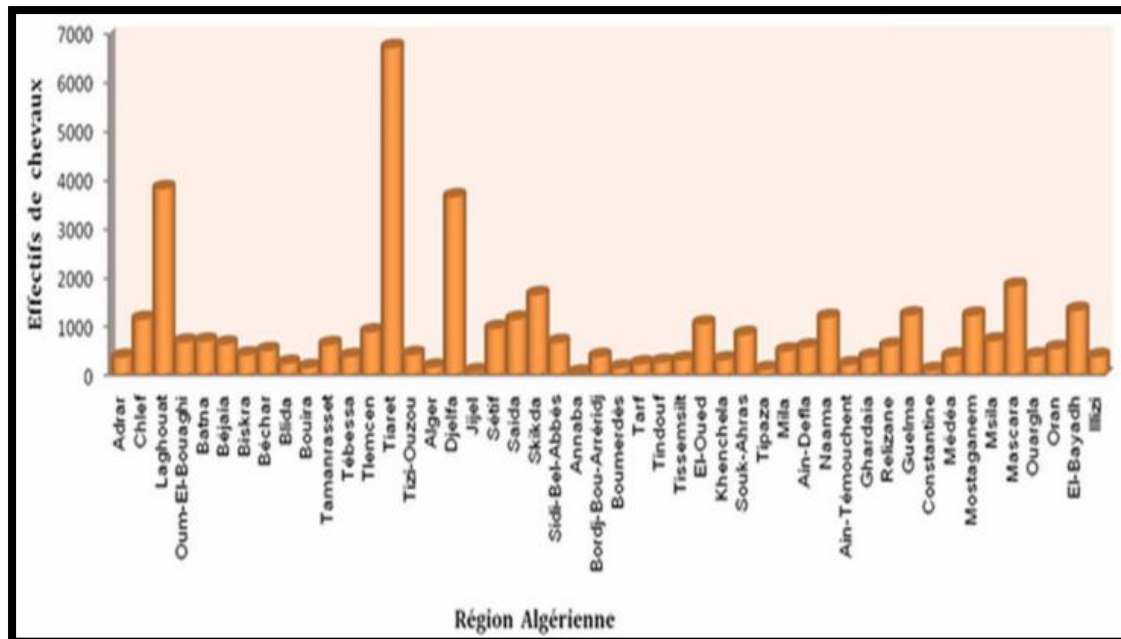


Figure 11: Aire de répartition de l'élevage équin dans le territoire Algérien

(Source : ONDEEC, 2005).

4. Les races équines en Algérie :

Les équidés occupent une place privilégiée dans la vie et l'imaginaire des populations rurales algériennes. Ces animaux appartiennent à la classe des mammifères, à la famille des équidés et au genre *Equs*. Ils sont représentés en Algérie par deux espèces : *Equs asinus* (Ane domestique) et *Equs caballus* (Cheval). L'Algérie abrite cinq races équines importantes de par leur utilisation et leur effectif : la race Barbe, Arabe-Barbe, Pur-sang Arabe, Pur-sang Anglais et le Trotter Français et une séisme race à la voie de caractérisation « le selle algérien ».

4.1. Races autochtones :

4.1.1. Race Barbe :



Figure 12: Etalon Barbe. Tirée du site :

<http://www.animogen.com/2014/08/25/le-barbe-un-cheval-taille-pour-lendurance/>

Le cheval Barbe (**Figure12**) est originaire du Maghreb. Il a été appelé d'abord barbare et ce n'est qu'en 1534 que la dénomination Barbe est apparue (**Roux, 1987**). C'est un cheval polyvalent, docile et endurant qui s'adapte facilement à différents climats aussi bien dans les pays du berceau de la race (Algérie, Maroc, Tunisie et Lybie), que dans les pays où il a été longtemps exporté, en Europe aussi bien qu'en Afrique subsaharienne (**Rahal et al, 2009**). le Barbe définit sur le plan morphologique comme une race eumétrique, médioligne dont les principaux caractères sont: une taille moyenne de 1,55 m (1,50 m-1,60 m) ; une longueur scapulo-ischiale sensiblement égale à la taille avec un indice corporel de profil égal à 1 (cheval carré) ; une tête assez forte, chargée en ganache avec des naseaux effacés ; un profil céphalique convexe légèrement busqué ; une encolure bien greffée, rouée, épaisse et court ; un garrot bien édifié et fortement marqué ; une poitrine large et haute avec un périmètre thoracique d'au minimum 1,70 m ; un dos tendu et tranchant avec un rein court, puissant et parfois voussé ; une croupe en pupitre avec une queue attachée bas ; un

tour de canon minimum de 18 cm et une robe essentiellement grise, baie, alezane avec des crins abondants et épais (**Organisation mondiale du Cheval barbe, 1989 ; Tamzali, 1989 ; Chabchoub1998**).

4.1.2. Race Arabe-Barbe:



Figure 13: Etalon Arabe-Barbe. Tirée du site :

https://fr-academic.com/pictures/frwiki/90/Zafira_Al_Saida_0001.jpg

L'Arabe-Barbe, création de la Jumenterie de Tiaret (instaurée en 1877), dédiée d'abord à l'élevage des races Arabe et Barbe, constitue la race prédominante en Algérie (**Ben abd el moumene, 2003 ; Kadri, 2006**). L'Arabe se différencie du Barbe en étant plus léger, présentant plus de sécheresse et de finesse, une encolure plus allongée et peu épaisse, un profil de la tête rectiligne ou concave, une queue courte et attachée haut et une croupe plus horizontale (**Gaudois, 1989 ; Haras nationaux français, 2010**). Le nombre de produits Arabe-Barbes purs, inscrits au stud book algérien du cheval Barbe, nés entre 1993 et 2004, est de 3379 selon les données de l'Office national du Développement de l'Élevage équin et camelins (ONDEEC) (**Rahal et al, 2009**)

4.1.3. Race selle Algérienne :

C'est une nouvelle identification nommée race « selle algérien » mais qui n'est pas encore reconnue comme telle vu l'absence de données ethniques. C'est le produit d'un croisement entre la race algérienne Barbe et les chevaux lourds français (**Rayan, 2015**).

4.2. Races introduites : (importées et élevées depuis plusieurs décennies en Algérie).

En plus de ces deux races locales, on distingue aussi des Pur-sang Arabes, des Pur-sang Anglais et le Trotteur Français utilisés essentiellement dans le monde du sport, représenté par les courses hippiques, les concours de saut d'obstacle et les raids d'endurance. Ces races importées et élevées depuis plusieurs décennies sont inégalement réparties dans le territoire algérien et mieux adaptées aux reliefs montagneux et arides des régions d'Afrique du nord (**Rahal et al, 2009**).

4.2.1. Race Pur-sang Arabe :



Figure 14: Etalon Arabe. Tirée du site :

<https://www.versele-laga.com/fr/vl/pour-votre-animal/chevaux/races/le-pur-sang-arabe>

Le cheval Pur-sang Arabe est une des plus anciennes races pures connues (**Figure 14**). En Algérie, les effectifs sont estimés à 1000 chevaux, dont 90% sont issus du Haras National Chaouchaoua de Tiaret (**Rahal et al, 2009**). La race Pur-sang Arabe dispose d'un stud-book, et l'Algérie est membre actif de la World Arabian Horse Organisation (WAHO) qui compte 57 pays membres. Le cheval Arabe est un cheval de petite taille (1,48 à 1,56 m au garrot en moyenne) en général de robe alezane, baie ou grise. C'est un cheval à la poitrine large, à la croupe harmonieuse, à la queue courte et attachée haut, aux membres très secs. Il porte à la tête les signes qui confirment la noblesse de sa race, front large, profil rectiligne ou concave, oreilles courtes, bien dessinées et mobiles, yeux grands, expressifs et doux, naseaux très ouverts et finement dessinés, ganaches écartées, la lèvre inférieure courte et petite. La tête, très distinguée, est portée par une encolure longue et peu épaisse, aux crins très soyeux (**Benhammadi et Mezouar, 2016**).

4.2.2. Race Pur-sang Anglais :



Figure 15: Cheval Pur-sang Anglais. Tirée du Site :

<https://www.pinterest.com/pin/548454060861414794/>

L'introduction de cette race en Algérie, remonte au 19^{ème} siècle. Sélectionné uniquement sur son aptitude à la vitesse, ce cheval rapide et nerveux. Sa physionomie est proche de celle du cheval Arabe mais en plus long et plus fort. Les effectifs actuels sont de l'ordre de 500 têtes (**Rahal et al, 2009**), et la production est réservée exclusivement aux courses hippiques. Bien que n'ayant pas de standard, le Pur-sang Anglais est un cheval longiligne, d'une taille moyenne de 1,65 m au garrot, donnant une impression d'ensemble très harmonieuse et Athlétique. Le profil est plutôt rectiligne, le front large, la tête expressive. L'épaule est longue et oblique, permettant l'amplitude nécessaire des foulées au galop. La poitrine est ample, profonde, ogivale, le dos est droit, la croupe horizontale et longue, les avant-bras longs et les canons courts. La couleur de robe la plus fréquente est le bai ; l'alezan et le gris étant aussi présents (**Benhammadi et Mezouar, 2016**).

4.2.3. Race Trotteur Français :



Figure 16: Cheval Trotteur Français. Tiré de site :

<http://www.hippologie.fr/trotteur-francais>

L'introduction de cette race en Algérie, remonte au 19^{ème} siècle. Les effectifs actuels sont de l'ordre de 500 têtes (**Rahal et al, 2009**), Certaines caractéristiques de la race : une tête rectiligne, l'épaule, à l'origine assez droite, devient plus inclinée, permettant un geste d'avant main plus étendu, la taille est moyenne. C'est un cheval à forte compacité. Les robes sont le plus souvent baies ou alezanes. Les chevaux de cette race, considérés comme inaptes à la course, sont orientés bien souvent vers la discipline du trot attelé, à l'hippodrome de Zemmouri et prochainement à Oran (**Figure 16**). Cependant, des trotteurs peuvent être retrouvés dans les clubs hippiques ainsi que chez des propriétaires de chevaux de fantasia, qui apprécient le modèle plus lourd des chevaux de spectacle (**Benhammadi et Mezouar, 2016**).

5. Caractérisation des élevages de chevaux :

L'élevage de chevaux consiste à disposer de juments et/ou d'étalons pour la mise à la reproduction. En Algérie les élevages des équins sont plutôt de petite taille, à l'exception de la jumenterie de Tiaret, de Chebli et d'El Karma, ainsi que quelques propriétaires privés. Plus de la moitié des élevages à plus de 2 juments saillies par an dans la plupart des régions. Un pourcentage de 32% ont 3 à 5 juments saillies par an, et seulement 12% ont plus de 6 juments saillies par an (**ONDEEC, 2012**) (**Figure 17**). Les méthodes de reproduction seront différentes selon le type d'équidé élevé, mais les bases du métier sont les mêmes : alimentation, reproduction, et santé de l'animal.

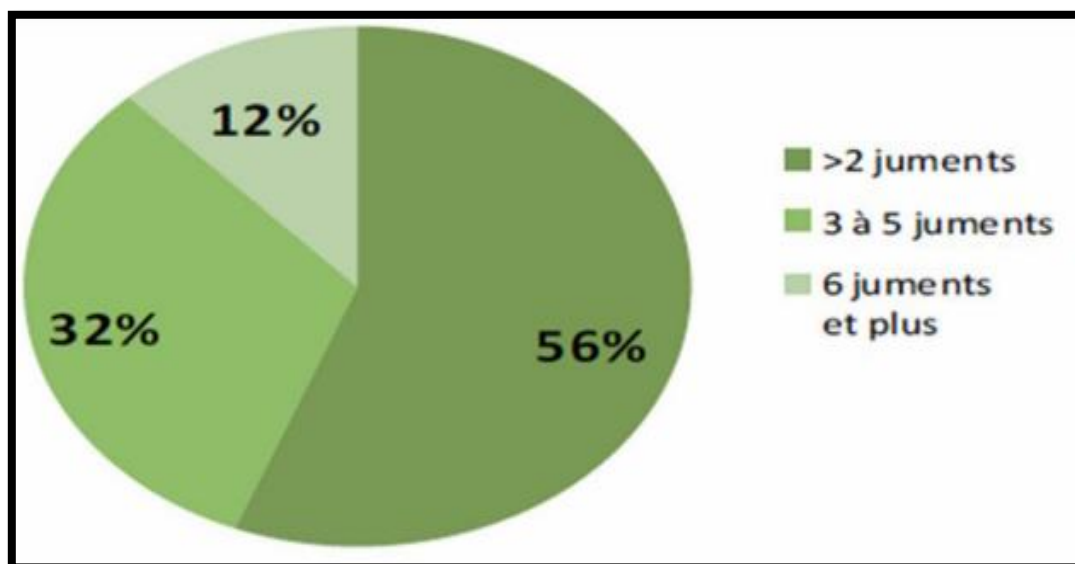


Figure 17: Pourcentage de nombre de juments saillies par élevage.

(Source : **ONDEEC, 2012**).

La filière équine connaît un développement considérable sur pendant ces dernières années, aussi bien en nombre de chevaux présents sur le territoire national, qu'en nombre d'éleveurs et de pratiquants de l'équitation (plus de 30 % de licenciés de 2006 à 2011). De manière générale, il existe trois types d'éleveurs dans la filière équine (**Figure18**) :

- **Agriculteur avec activité non professionnelle liée au cheval** : ils se considèrent comme éleveurs mais pas comme professionnels en élevage équin, ont des petites structures et cherchent à produire au moins un poulain chaque année. L'élevage est une activité de temps libre. Ils ne recherchent pas vraiment la rentabilité, l'argent investi provient d'autres sources de revenus. Leur production est destinée à leur usage personnel mais aussi à la vente (**Berber. N, 2016**).
- **Agriculteurs spécialisés dans le cheval** : ils ont des structures importantes. Leur production est régulière. Ils produisent des chevaux destinés aux courses ou au sport amateur, mais ils considèrent l'élevage équin comme une activité secondaire, qu'ils exercent par passion, en parallèle de leur activité principale (**Berber. N, 2016**).
- **Non agriculteurs professionnels du cheval** : ils ont plus de quatre poulinières avec une production annuelle régulière. Ils considèrent l'élevage de chevaux comme une véritable activité professionnelle avec une recherche de rentabilité économique. Ils produisent avant tout des chevaux d'endurance, mais aussi de concours complet et de saut d'obstacles. Ils s'orientent vers plusieurs races adaptées aux disciplines visées, Ils recherchent une valeur ajoutée, par la robe, la race ou les performances sportives. Les stratégies de reproduction sont multiples. L'alimentation et la maîtrise de la santé sont assurées par un vétérinaire spécialisé (**Berber. N, 2016**).

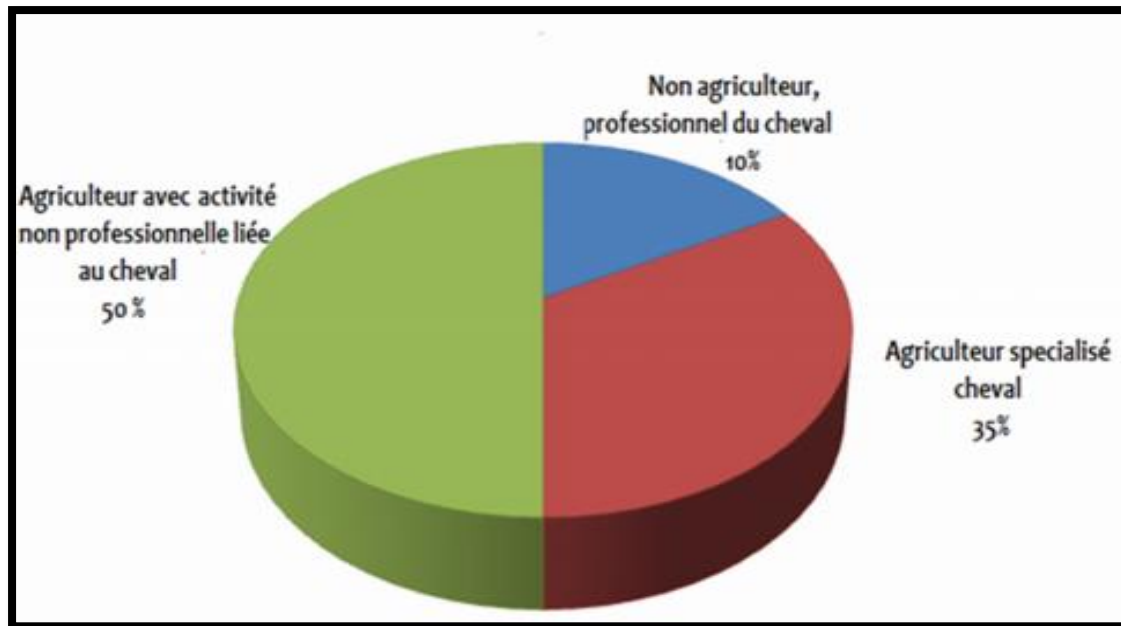


Figure 18: Les différents types des éleveurs équins en Algérie
(ONDEEC, 2012)

6. Organisation de la filière équine :

La forte réduction de l'effectif équin, incitera le gouvernement algérien à réagir, qui sera adoptée en 1986, un dossier sur la "Réorganisation du département des chevaux". Ce dossier, raisonnable dans sa conception, visait à la préservation et au développement des races équines, merci ressources qu'ils contribuent à créer. De cette façon les structures suivantes :

6.1. Office National du Développement des Élevages Équins et camelins :

L'ONDEEC est responsable de la préservation, du développement, de la promotion et l'encouragement, des races équines, ainsi que la tenue de livres généalogiques (Stud book). Il gère l'administration publique de monte et sert de support technique aux unités d'élevage. Pour ce faire, il bénéficie de 9% du montant total des mises de Pari Mutuel Urbain (Berber. N, 2016)

6.2. Société des Courses Hippiques et du Pari Mutuel (SCHPMU) :

Elle est responsable de l'organisation des courses de chevaux, de la collecte des paris et redistribution des ressources financières induite, sur la base de l'arrêté interministériel du 5 Septembre 1989, fixant le taux et désignant les bénéficiaires des

retraits à effectuer les défis de Pari Mutuel Urbain (PMU). Pour cela, elle s'appuie sur les hippodromes nationaux et les agences de P.M.U diffusées dans les grandes wilayas du pays. Elle perçoit 10 % des enjeux de masse pour son travail (**Berber. N, 2016**).

6.3. Organisation Mondiale du Cheval Barbe (OMCB) :

Organisation non gouvernementale OMCB est chargée de la coordination des associations d'éleveurs algériens, détenteurs des livres généalogiques (Stud books), de l'établissement du standard de la race, et les règlements relatifs à la reproduction de la race Barbe et de ses dérivés. Son siège est à Alger. Il compte actuellement huit pays membres (Algérie, Maroc, Tunisie, France, Allemagne, Belgique, Suisse et Luxembourg) (**Berber. N, 2016**).

6.4. Fédération Équestre Algérienne (FEA) :

En raison de la réorganisation de la Fédération algérienne des sports équestres (FASE), déclaré comme un service public. Sa mission est de promouvoir et d'encourager l'utilisation des races équines aux sports équestres modernes et traditionnels. Elle reçoit 3% du nombre total des rejets PMU (**Berber. N, 2016**).

6.5. Associations Nationales d'Éleveurs :

Leur rôle est de structurer et d'animer les éleveurs en fonction de la race équine. (Arabe, Barbe, Pur-sang arabe, Barbe-Arabe et anglais). Ils ont 3% de la masse des taux PMU (**Berber. N, 2016**).

6.6. Fédération Équestre Algérienne :

Elle a un rôle très important à jouer dans l'utilisation des races équines, à travers l'équitation. Les sports équestres modernes absorberont probablement une grande partie de la production nationale de chevaux. Par le développement et l'encouragement des disciplines dans lesquels excellent les chevaux locaux, à savoir l'endurance, la randonnée, et l'apprentissage. De plus, l'équitation traditionnelle qui fait son grand retour après années de stagnation en raison de la situation sécuritaire, constitue un certain débouché pour les courses pour les races Barbe et Arabe-Barbe (**Berber. N, 2016**).

6.7. Mouvement Associatif :

Dans les pays développés dans l'élevage équin, la gestion des haras est généralement déléguée à l'association d'éleveurs, et certaines tâches telles que les livres de race ou organisation de concours d'élevage. En Algérie, le développement du mouvement associatif va à l'encontre de la nature de ce type d'élevage, souvent personnel, en l'absence des ressources nécessaires à son fonctionnement, et un manque de perspectives en raison d'un manque d'encadrement. (Berber. N, 2016)

7. Usages des chevaux en Algérie :

7.1. Utilisations traditionnelles du cheval :

7.1.1. Fantasia :

C'est une tradition équestre ancestrale dans nos régions rurales, notamment dans les Hauts Plateaux. La fantasia désigne différents spectacles équestres traditionnels simulant des assauts militaires, pratiqués principalement au Maghreb, où elle est appelée « jeu de la poudre » ou « jeu des chevaux ».

La fantasia est un art transmis de génération en génération depuis des siècles, le cheval et le cavalier sont deux pièces maîtresses qui constituent une tradition, un savoir-faire et des valeurs ancestraux qui font la fierté de notre patrimoine et de nos valeurs.

La Fantasia réunit trois symboles :

- Le cavalier qui symbolise le triomphe et la gloire.
- Le cheval symbole de l'indépendance et de la force.
- Le fusil qui, par son feu, maintient la liberté.



Figure 19: photos originales des cavaliers

Entraînez un cheval âgé d'au moins quatre ans, Barbe ou Barbe-arabe règles spécifiques. Le cavalier et sa monture doivent reconnaître la séquence exacte des figures préparées en groupe dans un endroit désigné, d'environ deux cents mètres de long des équipes d'au plus deux à vingt coureurs remplissent l'air avec le son de leur propre cavalcade et ils se succèdent (**Benhamadi .M ,2021**)

En Algérie, 140 associations équestres traditionnelles perpétuent la Fantasia. Près du Maroc Un millier de troupes et près de 15000 chevaux ont participé aux concours organisés par les haras nationaux à l'occasion des Mushams [fête religieuse primitive médiévale et des publicités commerciales, NDLR] et des jours fériés locaux et nationaux (**Benhammadi et Mezouar, 2016**).



Figure 20: Spectacle équestre traditionnel de Fantasia à El Kheither. El Beyadh
(Photo originale)

7.1.2. Travail agricole :

Tout au long du XXe siècle, en raison de la mécanisation de la société, ce cheval a été abandonné dans les pays industrialisés. Aujourd'hui, son utilisation augmente, Effectuez de nombreuses tâches dans les pays en développement, de manière générale, en Algérie surtout dans les zones rurales, malgré le développement de l'automobile, les chevaux sont particulièrement utiles pour transporter des matériaux de construction et de l'eau dans des endroits inaccessibles en voiture. Le cheval est également impliqué dans le transport des gens, les biens et les déchets ménagers. En agriculture, le cheval est toujours là utilisé comme aide au travail pour les paysans (Benhammadi et Mezouar, 2016).

7.2. Utilisations modernes du cheval :

Les sports équestres regroupent toutes les disciplines équestres sportives. Certaines, généralement gérées par la fédération équestre internationale, ont une portée internationale et sont représentées aux jeux olympiques et aux jeux équestres mondiaux. D'autres sont locales et pratiquées dans certains pays, voire certaines régions uniquement. Toutes les disciplines équestres peuvent se pratiquer en équitation handisport.

7.2.1. Attelage :

En attelage, le meneur conduit des chevaux attelés à une voiture. Pendant la compétition, le groom se positionne dans la voiture de telle façon que celle - ci reste équilibrée en toutes circonstances. Il ne s'agit pas à proprement parler d'une discipline d'équitation dans le sens où le cheval monté, mais l'attelage est généralement géré par des fédérations équestres.

En effet, tous les chevaux peuvent être attelés, mais certaines races comme le Trotteur Français ont des prédispositions particulières à cette discipline.



Figure 21: Concours d'attelage à la Ferme Pretet 2019.

<https://www.youtube.com/watch?v=a4VT-TTge4M>

7.2.2. Concours complet :

Le concours complet d'équitation, ou CCE ne se pratique qu'en concours. Avant 2004, il regroupait toujours une épreuve de dressage, un routier, un steeple - chase, un cross et un hippique, épreuve de saut d'obstacles spécifique au complet. Depuis 2004. Les épreuves de routier et de steeple - chase ont été supprimées des plus importantes rencontres internationales et, par voie de conséquence, disparaissent peu à peu de tous les autres concours.



Figure 22: Concours complet d'équitation.

<https://www.istockphoto.com/fr/photos/concours-complet-d%27%C3%A9quitation>

7.2.3. Dressage :

Le terme de dressage en équitation est utilisé pour désigner la discipline du dressage dans sa forme actuelle, se définissant comme la mise en scène du couple cheval /cavalier. Le cavalier recherche l'harmonie avec son cheval, le but premier est de rendre les chevaux agréables dans leur spécialité. Quelle que soit sa discipline de sport équestre, le cavalier s'adonne au dressage pour se lier à sa monture.



Figure 23: Technique dressage de cheval.

<https://www.pamfou-dressage.com/fr/technique-dressage/>

7.2.4. Raids d'endurance :

Les raids d'endurance, une nouvelle discipline qui est née à la fin des années 80. Elle a été quelque peu occultée durant les années 90 et qui a repris à partir de 2000, avec des raids à Bordj el Bahri, Tiaret, Mostaganem. L'endurance est une course de fond pratiquée à cheval et en pleine nature, dans laquelle le but est de parcourir une longue distance. : de 20 km à 160 km en une journée, ou 2×100 km sur deux jours. Cette course chronométrée doit être réalisée le plus rapidement possible tout en conservant une monture en parfait état de santé. Des contrôles vétérinaires obligatoires sont effectués de façon régulière tout au long du parcours. Ils garantissent la bonne santé du cheval car en cas de doute (épuiement, boiterie, déshydratation...) celui-ci est disqualifié. Tout au long de l'épreuve, l'effort de l'animal doit donc être maîtrisé. (Berber. N, 2016)

Le vétérinaire occupe une place de choix dans ce genre de discipline, puisque c'est de lui que dépend le bon déroulement des épreuves. La santé du cheval étant à la première place dans cette discipline, où l'on peut parcourir 40, 60, 80 ou 120 km sans que le cheval n'ait à souffrir des désordres cardio-vasculaires ou de boiterie. Pour cela, des contrôles vétérinaires sont placés tous les 20 km en moyenne pour contrôler

les paramètres que sont le rythme cardiaque, la fréquence respiratoire, l'état des muqueuses et la symétrie des allures. (Berber. N, 2016)

Il existe plusieurs types d'épreuves d'endurance qui sont différenciés par le nombre de kilomètres parcourus. La pratique de la discipline est abordable par tout cavalier et tous types de chevaux. Mais pour concourir en endurance à partir d'un certain niveau, il est préférable de choisir une monture au type adapté à la discipline, comme le pur-sang arabe, et de s'équiper d'un matériel spécifique. L'endurance fait aussi l'objet de compétitions officielles internationales dont les épreuves se courent sur les distances maximales. (Berber. N, 2016)

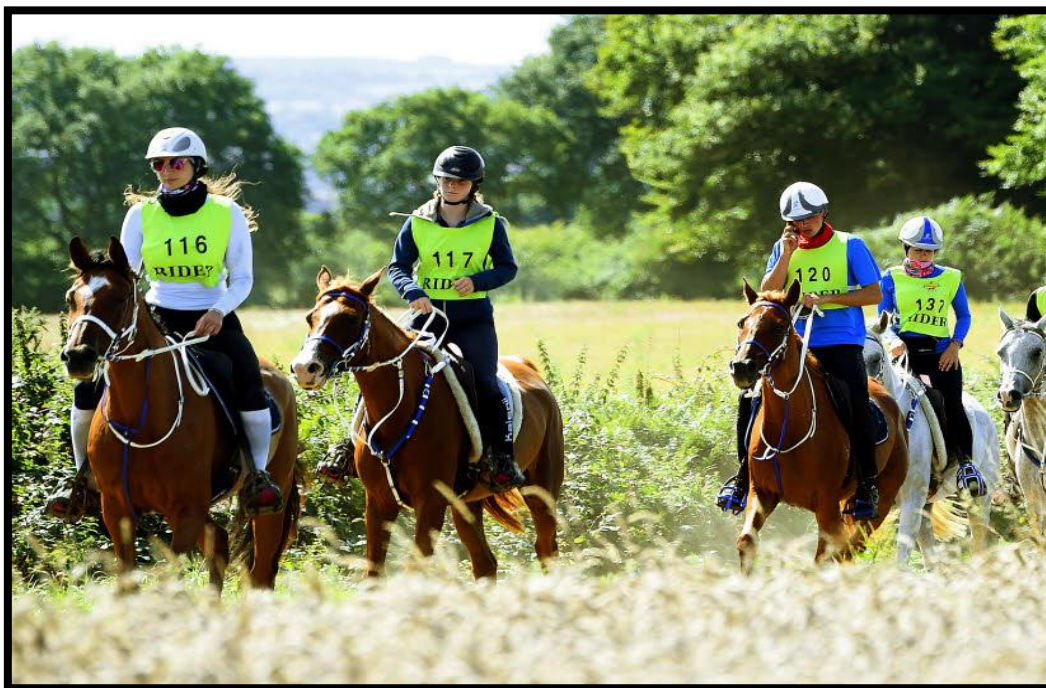


Figure 24: L'endurance équestre.

<https://www.letelegramme.fr/equitation/endurance-le-coeur-et-les-jambes-07-08-2017-11622246.php>

7.2.5. Saut d'obstacles :

Le saut d'obstacles (ou CSO pour Concours de saut d'obstacles) , est un sport équestre qui se déroule dans un terrain délimité sur lequel ont été construits des obstacles. Le cavalier et sa monture sautent des obstacles construits avec des barres mobiles. Ses aspects ludiques et spectaculaires ainsi que la simplicité de ses règles rendent ce sport

attrayant et expliquent en grande partie son succès. Le saut d'obstacles est, en effet, le sport équestre le plus pratiqué dans le monde.



Figure 25: Le saut d'obstacles à cheval. Tirée du site :

<https://www.rando-equestre-hauteverle.com/saut-obstacles-cheval-position/>

7.2.6. Courses hippiques :

Des courses de chevaux sont organisées depuis l'Antiquité. À l'époque coloniale il y avait de nombreux hippodromes provinciaux. Le relais a été repris depuis indépendance par la Société des Cours d'Alger, et en vol 1987 créations de l'actuelle société SCHPM, conformément au décret officiel n ° 87-17. Cette société produit exploiter pas moins de 22 hippodromes avec environ 700 chevaux arabes, 300 plein de sang anglais et cent barbes et barbes arabes (**Benhammadi et Mezouar, 2016**).



Figure 26: La course hippique.

<https://beaupreauenmauges.fr/au-quotidien/agenda/1584-courses-hippiques>

7.2.7. Tourisme équestre :

Il s'agit de toute activité de loisir et de tourisme vert impliquant l'utilisation de chevaux. Les centres équestres proposent des balades à cheval, des voyages de découverte campagne, promenades en calèche ouvertes au public, établissements équestres constituent donc un maillon essentiel de la filière équine (**Benhammadi et Mezouar, 2016**).



Figure 27: La randonnée équestre vous ouvre l'horizon.

<https://www.france-montagnes.com/webzine/activites/la-randonnee-equestre-vous-ouvre-lhorizon>

7.2.8. Autres sports équestres :

Outre ces disciplines règlementées par la FEI, il existe toutes sortes de sports équestres comme le horse - ball, le hunter, les pony - games, le polo, le polocrosse, etc. Les pony - games sont accessibles à tous et comportent plusieurs jeux comme la course avec un ceuf, le saut en sac et l'attraper de drapeau. C'est un sport d'équipe où le cavalier apprend à faire connaissance avec sa monture, à lui faire confiance et à ce que le cheval prenne lui aussi confiance. Le cavalier est toujours en contact avec d'autres et cela l'aide à mieux connaître son équipe

Chapitre III : BIODIVERSITE ET RESSOURCES ZOOGENÉTIQUE

1. Importance de la biodiversité des animaux d'élevage :

La biodiversité en l'agriculture est le résultat de milliers d'années d'activité au cours desquelles les êtres humains se cherché à satisfaire ses besoins dans diverses situations climatiques et environnementales.

Les animaux d'élevage ont longtemps été un élément essentiel des systèmes de production agricole, en particulier dans les environnements difficiles où les cultures sont difficiles, voire impossible. Pour les éleveurs, la diversité zoogénétique représente une ressource où puiser pour sélectionner les animaux et développer de nouvelles races. De façon plus ample, les populations d'animaux d'élevage génétiquement différents permettent à la société d'avoir une plus vaste gamme d'options pour satisfaire les défis futurs.

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aide les pays à identifier leurs ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, ainsi qu'à élaborer des stratégies de conservation, depuis les années 1960. Le Conseil de la FAO a recommandé l'élaboration d'un programme mondial pour la gestion à long terme des ressources génétiques au niveau mondial en 1990.

La caractérisation des ressources zoogénétiques englobe toutes les activités associées à l'identification, à la description qualitative et quantitative, et à la documentation des populations animales. Le but est d'obtenir une meilleure connaissance des ressources zoogénétiques, de leurs utilisations présentes et, éventuellement, futures pour l'alimentation et l'agriculture dans des environnements définis, et leur état actuel en tant que populations raciales différentes (FAO, 1984 ; Rege, 1992)

Au niveau national, la caractérisation comprend l'identification des ressources zoogénétiques du pays et l'enquête sur ces ressources. Le processus comprend également la documentation systématique des informations collectées pour faciliter l'accès. Les activités de caractérisation devraient favoriser la conception de prévisions objectives et fiables sur la performance des animaux dans des environnements définis

et comparer ainsi la performance potentielle à l'intérieur des différents systèmes de production d'un pays ou d'une région. Il s'agit, par conséquent, d'un travail plus approfondi qu'une simple récolte de rapports existants (**Rege, 1992**)

Les renseignements obtenus par le processus de caractérisation favorisent une prise de décision éclairée sur les priorités de la gestion des ressources par les différents groupes d'intérêt, dont les agriculteurs, les gouvernements au niveau national et régional et les organismes internationaux (**FAO, 1992 ; FAO/PNUE, 1998**). Les décisions politiques visent à promouvoir la mise en valeur des ressources zoogénétiques tout en garantissant la conservation de ces ressources pour les besoins des générations présentes et futures.

2. Origine de la diversité génétique :

La diversité génétique est basée sur la variabilité des gènes entre ou à l'intérieur des espèces et de leurs populations. L'intérêt actuel porté à la biodiversité représente le support de base sur lequel peut agir la sélection, il est admis que plus la diversité est grande dans un groupe d'individus (sous populations, population, espèce), plus il sera facile pour certains individus de s'adapter à de nouvelles conditions environnementales. En plus de permettre une plus grande adaptabilité des individus, elle permettra également de réduire la dépression de la consanguinité et diminuera ainsi le risque d'extinction (**Frankham, 2005**). L'origine de la diversité génétique est le résultat des variations des séquences d'ADN (polymorphisme génétique) et des effets de l'environnement (forces évolutives) (**Stockwell et al, 2003**).

2.1. Processus évolutifs affectant la variabilité génétique des populations :

Au sein d'une espèce donnée et à un moment donné, la variabilité génétique est divisée en composantes intra-population et composantes inter-population. Les phénomènes vécus par la population peuvent affecter l'évolution de l'une ou l'autre composante dans le temps. D'une part, l'isolement des populations et le maintien de leurs effectifs limités (dérive génétique), d'autre part, le croisement (migration) entre populations à un effet inverse sur la variabilité. La sélection a tendance à augmenter la variabilité entre les populations car différentes populations sont sélectionnées à des fins différentes. Elle tend à réduire la variabilité intra population, soit directement en établissant des déséquilibres dans l'association des gènes et en fixant certains allèles

(mais lorsque les allèles sélectionnés sont rares, la sélection conduit à une augmentation temporaire de la variabilité) ou indirectement. Mettant l'accent sur le phénomène de dérive génétique (**Verrier *et al*, 1989**).

Les mutations constituent un facteur de nouveauté qui affecte les deux composantes de la variabilité, mais elles ne sont sensibles que pendant une longue période, et d'autres forces évolutives (dérive génétique, sélection ...) conduisent à une augmentation des mutations. Fréquence des mutations alléliques.

2.2. Forces évolutives :

Le niveau de la diversité génétique des populations et des variations de fréquences alléliques dépend de l'action respective de trois forces évolutives pouvant interagir les unes avec les autres : la dérive génétique, la migration et la sélection. Elles sont à l'origine de la structure de la diversité génétique et de son évolution (**Berber. N, 2016**).

2.2.1. Dérive génétique :

Dans une population limitée, la transmission d'une génération à l'autre constitue l'échantillonnage des gènes. Ce phénomène de dérive génétique, introduit par Wright en 1968, est défini par la fluctuation de la fréquence des gènes d'une génération à l'autre (variation dans le temps) dans une population. L'évolution de la fréquence des gènes peut être considérée comme un processus aléatoire (pas de sélection en faveur de l'un ou l'autre allèle).

Les conséquences suivantes peuvent survenir :

- Lorsque le nombre de générations passées augmente, la différence de fréquence des gènes entre les sous-groupes augmente également.
- Le taux d'hétérozygotie moyen (calculé sur la base de la population globale) a diminué.
- Après un grand nombre de générations, l'un des deux allèles est fixé chez certains individus de la population et perdu chez d'autres individus, de sorte que le polymorphisme entre eux est réduit (**Rognon et Verrier, 2007**).

L'évolution d'une population soumise à une dérive génétique est le résultat d'échantillons successifs. Par conséquent, dans les populations contenant plusieurs sous-populations, la dérive génétique peut entraîner certaines différences génétiques entre les sous-populations (Hartl et Clark, 1997). (Figure 28)

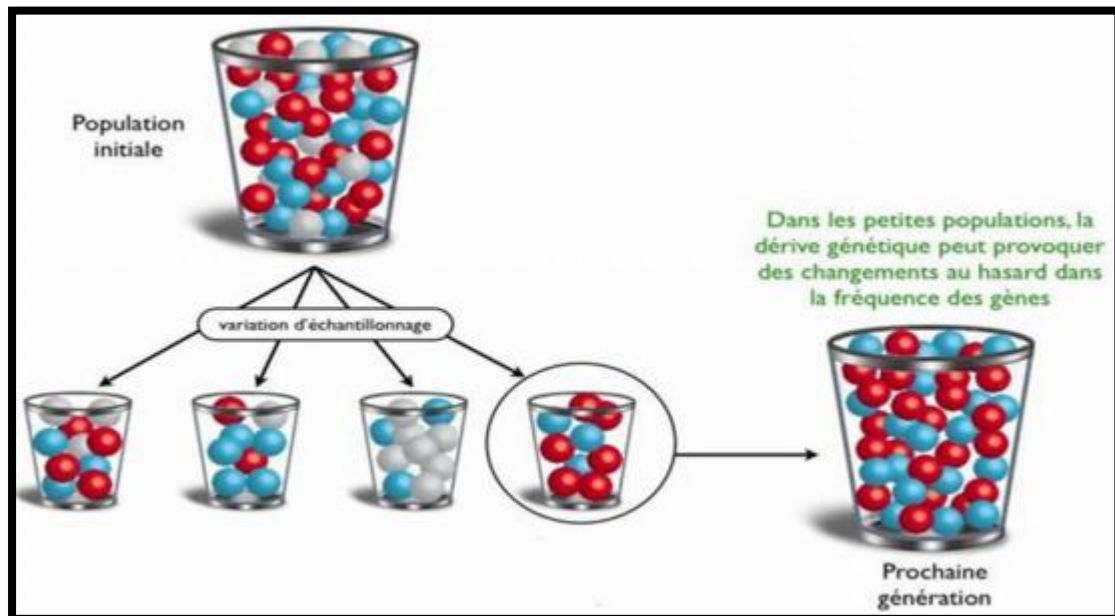


Figure 28: Phénomène de dérive génétique affecte les petites populations.

(Bucheton *et al*, 2008).

2.2.2. Migration :

La migration fait référence au mouvement d'organismes entre des populations non fermées, qui représente en quelque sorte le ciment qui maintient la population génétiquement uniforme et fixe la limite de la différenciation génétique (Hartl et Clark, 1997). Parfois, la migration peut être unidirectionnelle. Dans ce cas, la fréquence allélique de la population d'origine restera inchangée dans le temps, ce qui est différent de la fréquence allélique de la population receveuse. Aux premiers stades de la différenciation entre les sous-populations, un faible taux de migration suffit à retarder la différenciation à moins qu'il n'y ait une option de différenciation forte entre les reproducteurs de la population d'origine et la population receveuse. (Nei, 1987). Par conséquent, la migration semble être un moyen rapide de modifier la fréquence des gènes. C'est aussi l'un des intérêts du croisement. En effet, à moins qu'il n'y ait une différence initiale entre les deux populations, il n'y a pas de changement significatif de fréquence (Rognon et

Verrier, 2007). En fournissant un flux génétique externe régulier, la migration peut éviter la perte de certains allèles (au moins les allèles qui existent dans les populations d'immigrants). De plus, lorsque la population immigrante est vraiment importante et que les immigrants ne sont pas liés les uns aux autres, les immigrants détruisent la relation d'identité génétique au sein de la population d'accueil (**Rognon et Verrier, 2007**).

2.2.3. Sélection naturelle :

La sélection naturelle est un mécanisme qui contribue à l'évolution des espèces. Il classe les individus dont la survie et la reproduction diffèrent dans un environnement donné. Par conséquent, il augmente la fréquence avec laquelle le phénotype le plus favorable est utilisé pour la survie et la reproduction (et a donc une plus grande vigueur), tandis que le phénotype le moins approprié a tendance à disparaître. En effet, pour agir, il faut :

- Les individus de la population ne sont pas exactement les mêmes (variation des traits),
- Une partie de cette variation affecte les traits liés à la survie et / ou à la capacité de reproduction,
- Les différences de survie / reproduction sont dues à des variations génétiques héréditaires (par conséquent, ces différences doivent être contrôlées par des gènes transmis de génération en génération). (**Benhamadi. M, 2021**)

Les porteurs de mutations bénéfiques ont plus de descendants, et les descendants auront plus de descendants, et ainsi de suite, résultant en des individus qui s'adaptent à l'environnement. Quant à la sélection artificielle, les humains ont procédé à une sélection artificielle d'espèces domestiquées, ce qui est sans aucun doute une affaire depuis le début de la domestication. Contrairement à la migration et à la dérive génétique qui affectent l'ensemble du génome, la sélection n'agit que sur certains loci et leurs voisinage direct (loci physiquement et / ou fonctionnellement liés) (**Benhamadi. M, 2021**).

3. Méthodes de caractérisation des animaux d'élevage :

Généralement, La caractérisation des races animales se fait suivant plusieurs méthodes qui peuvent être phénotypiques (caractères morpho biométriques), biochimiques ou immunogénétiques (polymorphisme des protéines du sang), cytogénétiques (nombre, formes et anomalies chromosomiques) ou moléculaires (analyse des marqueurs directement situés sur l'ADN).

3.1. Méthode morpho biométrique :

Le phénotype désigne simplement l'observation des caractéristiques animales (couleur, cornée, côté des plumes ...) ou des mesures morphologiques (taille, poids, nombre de rayons sur la nageoire ...) ou des performances (vitesse de croissance, production laitière ...). L'avantage de ce type d'information est que sa collecte d'informations est généralement simple et peu coûteuse, elle peut donc être effectuée sur un grand nombre d'animaux. Ce phénotype nous donne accès à la variabilité des gènes responsables de la variabilité des traits observés. Ces traits peuvent avoir un déterminisme simple (régé par un ou même deux locus et non influencé par l'environnement), la variabilité observée peut alors être facilement interprétée, mais n'affecte que quelques gènes responsable(s). De plus, ces caractéristiques sont des caractéristiques qui peuvent standardiser les races animales. Le reste des caractères est à déterminisme complexe. (Contrôlés par un certain nombre de locus et plus ou moins affectés par l'environnement). Le passage de la variabilité observée à la variabilité génétique nécessite une prise en compte appropriée des impacts environnementaux. De plus, les caractères mesurés font généralement l'objet d'une sélection (**Rognon et Verrier, 2007**).

3.2. Méthode biochimiques et moléculaires :

Il existe deux types de marqueurs bien connus. D'une part, les marqueurs biochimiques (protéines et groupes sanguins) qui accèdent aux effets primaires des gènes. En revanche, les marqueurs moléculaires (minisatellites, microsatellites et SNP "polymorphismes nucléotidiques simples" ...) donnent un accès direct aux polymorphismes de l'ADN. Dans les deux cas, l'échantillonnage des animaux doit être planifié et des échantillons biologiques prélevés.

L'avantage le plus important des marqueurs moléculaires est qu'ils peuvent décrire directement la variation génétique, y compris les dimensions multi-locus. Au cours

des dernières décennies, il est devenu évident que les outils biochimiques et moléculaires fournissent les techniques de choix pour étudier les structures génétiques et l'histoire évolutive des organismes. De nombreux champs de recherche sont créés à cause de l'application des méthodes développées dans le domaine de la génétique des populations aux populations domestiques.

3.2.1. Marqueurs biochimiques :

A. Groupes sanguins :

Le groupe sanguin d'un individu (hénotype) correspond à la liste des facteurs antigéniques portés par ses globules rouges. La détermination du groupe sanguin d'un individu est basée sur la réaction immunologique antigène- anticorps. Deux étapes sont nécessaires : tout d'abord, l'obtention d'anticorps spécifiques et, ensuite, le typage des individus (**Rognon et Verrier, 2007**).

B. Protéines :

Les protéines, molécules solubles, possèdent un poids et une charge électrique propre. Soumise à un champ électrique, les variantes d'une protéine qui diffèrent par leur charge vont migrer différemment, ce qui permet de détecter autant d'allèles au locus correspondant. Ainsi, seules les mutations qui entraînent un changement dans la charge de la protéine sont détectées, soit environ 8% des variations de l'ADN. Cette technique est simple et il est possible de la mettre en œuvre en l'absence de toute connaissance génétique de l'espèce. Les limitations sont le faible nombre de locus analysés (entre 20 et 50 locus, tous n'étant pas polymorphes), le fait que les protéines soient spécifiques de certains organes et que leur analyse puisse être destructive (prélèvements d'organes vitaux), même si des prélèvements par biopsie musculaire ou prise de sang sont aussi possibles, pour un nombre limité de protéines, comme cela est pratiqué pour l'étude du polymorphisme chez les animaux de rente (équins, bovins, ovins,...) (**Rognon et Verrier, 2007**).

3.2.2. Marqueurs moléculaires :

Durant les dernières décennies, avec le développement de nouvelles technologies de la biologie moléculaire, les polymorphismes de l'ADN sont devenus les marqueurs de choix pour étudier les structures génétiques et l'histoire évolutive des organismes. L'application des méthodes, développées dans le cadre de la génétique des

populations aux populations domestiques, a ouvert de nombreux champs d'investigations. Un certain nombre de marqueurs sont à présent disponibles pour détecter les polymorphismes d'ADN dans les études sur la diversité génétique, mais les marqueurs les plus fréquemment utilisés sont les microsatellites (**Rognon et Verrier, 2007**).

A. Marqueurs de l'ADN mitochondrial :

Les polymorphismes de l'ADN mitochondrial (ADNmt) ont été largement utilisés lors des analyses de la diversité génétique. L'ADNmt haploïde transporté par les mitochondries du cytoplasme cellulaire, possède un mode maternel d'hérédité (les animaux héritent l'ADNmt de leurs mères et non de leurs pères) et un taux de mutation élevé. Ces caractéristiques permettent aux biologistes de reconstruire les relations évolutives intra et interraces par l'évaluation des modèles de mutations de l'ADNmt. Les marqueurs de l'ADNmt peuvent également fournir un moyen rapide de détecter l'hybridation entre les espèces et les sous-espèces d'animaux d'élevage (**Nijman et al, 2003**).

La quasi-totalité de la séquence de l'ADN mt est codante, les gènes sont contigus et ne contiennent pas d'introns. Les parties non codantes sont limitées à de courtes séquences et une partie plus longue correspondant à l'origine de réplication (D-loop). Plusieurs études ont suggéré que l'utilisation du polymorphisme de cette partie, très variable de l'ADN mitochondrial, est efficace pour la caractérisation intra et inter-races (**Bowling et al. 2000 ; Hill et al. 2002 ; Kavar et al, 2002 ; Yang et al. 2002**). Chez le cheval 37% des études de caractérisation sont basées sur l'étude du polymorphisme de l'ADNmt, d'après l'étude réalisée par **Baumung et collaborateurs (2004)**.

B. Marqueurs RFLP :

Les polymorphismes de longueur des fragments de restriction (RFLP) sont identifiés en utilisant des enzymes de restriction et des sondes génétiques (**Botstein et al, 1980**). La méthode utilisée sous sa forme initiale ou méthode de Southern, est laborieuse et ne permet pas de traiter aisément un grand nombre d'individus. Par contre, la méthode couplage de cette PCR- digestion par des enzymes de restriction a permis d'étudier le polymorphisme de restriction de nombreux gènes (**Klungland et al, 1995 ; Lagziel et al, 2000**) pour la caractérisation de races domestiques.

C. Marqueurs RAPD :

Un autre type de marqueur moléculaire RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), repose sur la mise en évidence de polymorphisme généré par l'amplification aléatoire de fragments d'ADN grâce à des amorces dont les séquences ont été définies arbitrairement (**Williams et al, 1990**). Cette méthode, couramment utilisée en cartographie génétique des végétaux et en génétique des populations, génère des marqueurs dominants (pas de différenciation des homozygotes et des hétérozygotes pour un site donné). Plusieurs études ont utilisé les marqueurs RAPD pour différencier génétiquement les animaux domestiques. Néanmoins, des problèmes de reproductibilité et de transmission de ce type de marqueur ont limité son application chez les animaux (**Black, 1993 ; Karp et al, 1996**).

D. Marqueurs AFLP :

Les marqueurs AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) ont été étudiés par une méthode développée en 1995 (**Vos et al, 1995**). Il s'agit d'une technique liée à la technique utilisée pour RAPD. Il est basé sur une amplification sélective de fragments de restriction obtenus par digestion d'ADN génomique. Son principe général repose sur trois phases successives : digestion-ligature, amplification pré-sélective et amplification sélective. Le produit final de ces amplifications est visualisé sur un gel de polyacrylamide grâce aux extensions d'amorce fluorescentes. A l'instar de la technique utilisée pour RAPD, la technique AFLP ne nécessite aucune connaissance préalable du génome étudié. Il permet un développement rapide, présente une bonne reproductibilité et génère un grand nombre de marqueurs (**Vos et al, 1995 ; Ajmone-Marsan et al, 1997**).

Parmi les marqueurs moléculaires, ces derniers sont les moins utilisés dans la caractérisation, 7% des études de caractérisation des races domestiques sont réalisées à l'aide de l'AFLP (**Baumung et al, 2004**).

E. Marqueurs microsatellites :

L'une des principales méthodes utilisées aujourd'hui est de mettre en évidence le polymorphisme du locus microsatellite ou STR (simple répétition en tandem). Cette dernière est une séquence d'ADN composée de répétitions en tandem de motifs de 1 à 6 Pb (**Chambers et MacAvoy, 2000**) (**Figure 29**).

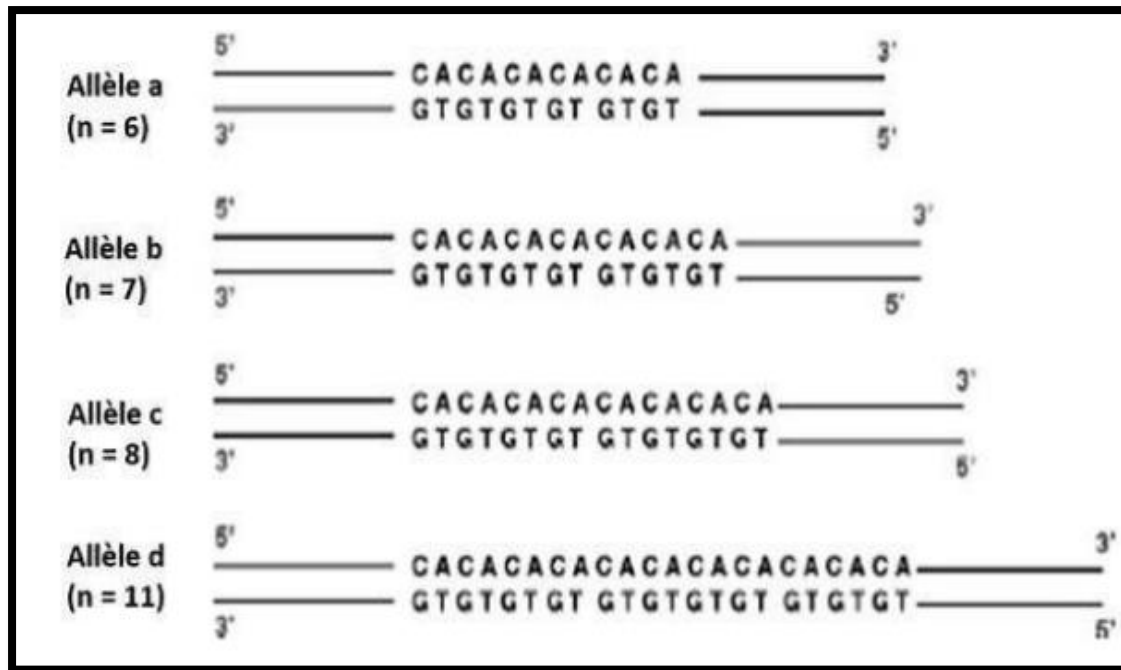


Figure 29: Séquence contenant une répétition GTn.

(Bautista Salas, 2009)

En raison de leurs caractéristiques biologiques et techniques, ces loci sont devenus des marqueurs de sélection pour analyser la diversité entre races. En effet, chez les eucaryotes, les microsatellites sont très abondants (de 50 à 100 000 selon les espèces) et sont bien répartis dans le génome (Rognon et Verrier, 2007).

Le nombre de microsatellites de type (TG) est le plus important, et leur fréquence varie selon les espèces considérées (Beckman et Weber, 1992). Les polymorphismes dans ces séquences sont des polymorphismes de longueur, qui sont causés par des changements dans le nombre de répétitions du motif de base. En termes de processus de sélection, les microsatellites ont une distribution uniforme à travers le génome, avec des sites communs, de nombreux allèles et une neutralité a priori.

Outre ces caractéristiques, du fait du taux de mutation élevé, le polymorphisme de ces marqueurs est également élevé, car en moyenne, on peut considérer le taux de mutation de chaque site, de chaque gamète et de chaque génération d'environ 10^{-4} mutations (Boichardet et al, 1998). Ces mutations peuvent être causés par deux mécanismes, à savoir la recombinaison inégale qui constitue le premier mécanisme.

En effet, les erreurs de mésappariement sont courantes dans les régions de répétition en tandem, étant donné la forte homologie de séquence entre les répétitions. Chaque croisement au cours de ces mésappariements provoque une augmentation du nombre de répétitions sur une chromatide et une diminution du nombre équivalent de répétitions sur l'autre (Cooper *et al*, 1995).

Le deuxième mécanisme capable de générer des mutations est le glissement intra chromatidien (slippage), qui a été décrit par Levinson et Gutman en 1987 (Figure 30).

Ce modèle se compose de trois étapes :

- **Étape initiale** : le brin complémentaire de la séquence répétitive est synthétisé par la polymérase.
- **Étape de dissociation** : la polymérase traverse la région de répétition, le brin nouvellement synthétisé est dissocié du brin matrice.
- **Étapes de ré-hybridation et erreurs d'alignement** : Il y a deux possibilités : l'ajout d'unités répétitives : l'extrémité 3' du brin nouvellement synthétisé est ré-hybridée avec la région complémentaire en amont du brin matrice. Un anneau est donc formé dans la nouvelle chaîne. Par conséquent, la polymérase ajoutera des unités de répétition supplémentaires. La deuxième hypothèse est d'éliminer les unités répétitives : ce mécanisme est presque le même que l'ajout d'une unité, sauf que le cycle se fait au niveau du brin matrice. Par conséquent, la polymérase synthétisera une séquence moins répétitive.

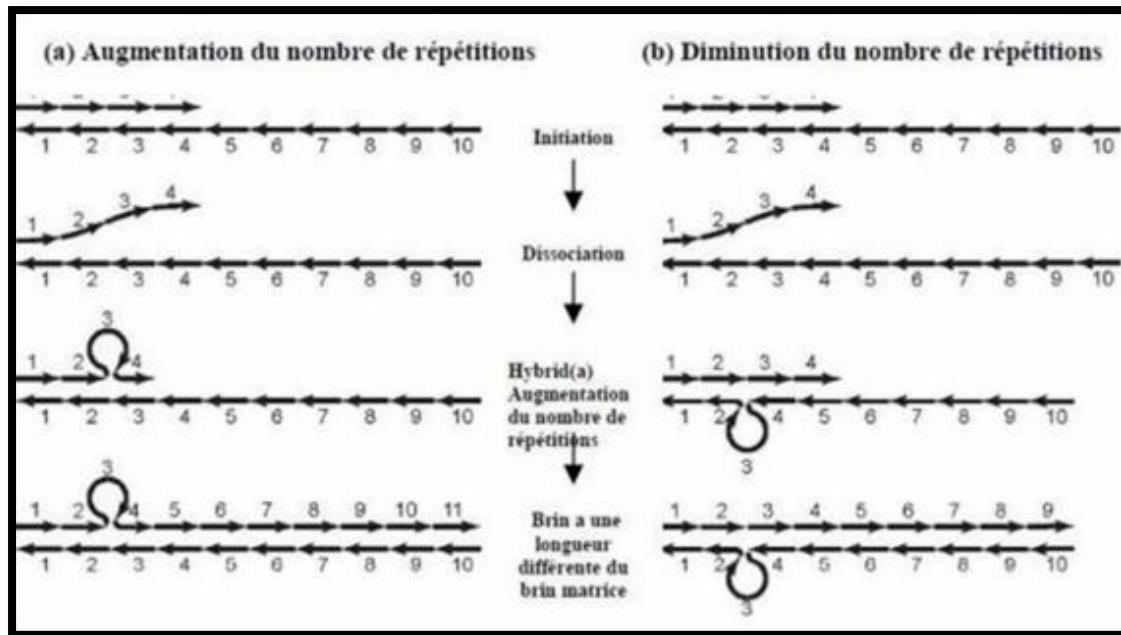


Figure 30: Modèle de "slippage réplication" permettant d'expliquer l'augmentation ou la diminution du nombre de répétitions dans un microsatellite.

(Bautista Salas, 2009)

Les microsatellites sont extrêmement importants en termes de technologie, en plus de leurs propriétés génétiques. En effet, le génotypage des microsatellites est basé sur l'utilisation de la technique PCR, une procédure relativement simple et rapide suivie d'une migration des fragments amplifiés sur un gel d'acrylamide. Plusieurs locus peuvent être testés simultanément lorsque les amorces utilisées sont marquées avec des fluorophores de couleurs différentes (PCR multiplex). Ces caractéristiques techniques facilitent donc l'utilisation de microsatellites pour des études de population à grande échelle.

L'intérêt pour l'utilisation de microsatellites dans la recherche en génétique des populations est récent. Les microsatellites ont d'abord été utilisés dans l'étude des populations humaines, puis utilisés dans les races domestiques pour évaluer la variabilité génétique au sein et entre les races (Ollivier *et al*, 2000).

En effet, le potentiel des microsatellites comme marqueur pour mesurer la variabilité génétique des populations semble considérable (Bruford et Wayne, 1993). Il y a de plus en plus de recherches sur la variabilité génétique des différentes espèces basées sur les microsatellites, ce qui montre que dans les systèmes disponibles aujourd'hui,

les microsatellites sont très efficaces pour caractériser et étudier la relation phylogénétique entre les populations. Ils sont utilisés en raison de leur stabilité biologique, de leur taux de mutation élevé et de leur dispersibilité dans le génome. Ces marqueurs sont largement utilisés dans les études de caractérisation du bétail. **Baumung et al, (2004)** ont estimé que 90% de ces études utilisaient ces marqueurs.

Actuellement, pour la plupart des animaux domestiques, la FAO a publié une liste de références pour les locus microsatellites (**FAO, 2004**) pour comparer les résultats d'analyses obtenues par différentes espèces animales et plusieurs groupes de recherche. Dans le monde. De plus, l'une des applications les plus développées des microsatellites chez les animaux d'élevage est aujourd'hui la détection de gènes majeurs ou de groupes de gènes impliqués dans le déterminisme des traits économiques de QTL (Quantitative Trait Locations) tels que la production de viande, la production de lait, la résistance aux maladies, la croissance ... etc. En effet, l'identification de ces régions permettra d'établir une sélection assistée par marqueurs moléculaires pour améliorer l'efficacité de la sélection animale (**Montaldo et Meza-Herrera, 1998**).

La variété génétique est réduite dans les populations qui ont été soumises à une pression de sélection. L'objectif est de conserver ce dernier afin de poursuivre le progrès génétique sur le QTL qui a été sélectionné, ou de retransformer l'objectif de sélection en caractères rarement ou non considérés. Aujourd'hui. Cette gestion peut être réalisée grâce à l'utilisation des microsatellites.

F. Marqueurs SNP :

Les SNP sont utilisés comme alternative aux microsatellites dans les études de diversité génétique. Plusieurs technologies de détection et de typage des marqueurs SNP sont disponibles (**Syvänen, 2001**). En tant que marqueur biallélique, le SNP a une quantité d'informations relativement faible. Pour atteindre le niveau d'information d'un panel standard de 30 locus microsatellites, un plus grand nombre doit être utilisé. Cependant, l'évolution des technologies moléculaires augmente le degré d'automatisation et réduit le coût du typage SNP, ce qui dans un proche avenir permettra probablement l'analyse parallèle d'un grand nombre de marqueurs à un coût réduit. Dans cette perspective, des projets à grande échelle pour plusieurs animaux d'élevage sont mis en œuvre pour identifier des millions de SNP (par exemple, (**Wong**

et al, 2004)), vérifier des milliers de SNP et identifier des haplotypes dans le génome. De même, pour les informations de séquence, SNP permet une comparaison directe et une analyse conjointe de différentes expériences. Les SNP peuvent être des marqueurs intéressants pour les études de diversité génétique car ils peuvent facilement être utilisés pour l'évaluation de la variation fonctionnelle ou neutre. Cependant, l'étape initiale de recherche de SNP ou de sélection de SNP dans la base de données est cruciale. SNP peut passer différents protocoles expérimentaux (tels que le séquençage, Polymorphisme Co-constructif simple brin (SSCP) ou dénaturation par chromatographie liquide haute performance (Chromatographie liquide haute performance dénaturant DHPLC) ou simulation par ordinateur, alignement et Comparez plusieurs séquences dans la même zone dans une base de données publique Sur l'étiquette d'expression du génome et de la séquence (EST). Puisque les données sont obtenues au hasard, les estimateurs standards des paramètres génétiques de la population ne peuvent pas être appliqués. Un exemple courant est que les SNP qui sont initialement identifiés dans un petit échantillon (panel) d'un individu sont ensuite typés dans un plus grand échantillon de chromosomes. L'échantillonnage SNP est le meilleur Dans le cas des fréquences intermédiaires, une telle concordance affectera la distribution des fréquences alléliques par rapport à la valeur possible d'un échantillon aléatoire (Nielsen et Signorovitch, 2003 ; Clark *et al*, 2005).

G. Technologie des puces à ADN :

Une nouvelle méthode pour étudier l'interaction de nombreux gènes entre eux et le contrôle de grands groupes de gènes simultanément par des réseaux cellulaires de régulation. Cette méthode utilise un robot pour appliquer de minuscules gouttelettes très précisément Contient de l'ADN fonctionnel sur des lamelles en verre. Puis les chercheurs se joignent à marqueurs fluorescents sur l'ARNm ou l'ADNc de la cellule d'essai. Nous les laissons Les sondes marquées se lient aux brins d'ADNc sur les lamelles. Les lamelles sont placées dans un microscope à balayage qui peut mesurer la luminosité de chaque point fluorescent ; la clarté révèle la quantité d'ARNm spécifique présente, ce qui indique l'étendue de son activité (Benhamadi. M, 2021).

4. Programmes de conservation des ressources génétiques

animales :

Les informations obtenues grâce aux méthodes de caractérisation peuvent faciliter la prise de décision. Comprendre les points clés de la gestion des ressources zoogénétiques à travers différents groupes d'intérêt, y compris les agriculteurs, les gouvernements nationaux et régionaux, et Organisations internationales (FAO, 1992; FAO / PNUE, 1998). Ces décisions politiques visent à favoriser le développement des ressources zoogénétiques, tout en veillant à ce que ces ressources soient protégées pour les besoins des générations présentes et futures.

Un problème clé dans la gestion des ressources zoogénétiques au niveau national est la capacité de comprendre si la population d'une race particulière est autosuffisante ou menacée à un moment donné. Cette première évaluation (enquête de base) de l'état de la race ou de la population est basée sur des informations suivantes :

- La taille et la structure de la population ;
- La distribution géographique ;
- La diversité interrassiale ;
- la relation génétique entre races lorsque les populations se trouvent dans plus d'un pays.

Si une population n'est pas en danger (**Figure 31**), il n'est pas nécessaire d'agir immédiatement pour mettre en place des mesures de conservation. Cependant, les décisions doivent être prises dans le cadre des plans nationaux de développement pour les animaux d'élevage menacés d'extinction. Dans ce cas, il faudrait réaliser un programme d'amélioration génétique en réponse, par exemple, aux conditions changeantes de l'environnement. Les informations sur les avantages à long terme pour les éleveurs et la société sont à la base des décisions concernant de tels programmes d'amélioration.

Si une race est en danger, des stratégies de conservation actives doivent être mises en œuvre si la race ne doit pas être perdue. Pour allouer les ressources limitées disponibles aux programmes de conservation, il faut d'abord identifier les races les plus importantes. Ces décisions peuvent se baser sur le caractère génétique distinctif,

les caractères d'adaptation, la valeur relative pour l'alimentation et l'agriculture ou les valeurs historiques et culturelles des races concernées. Ces informations sont également nécessaires pour décider l'approche la plus prometteuse entre les stratégies de conservation *in vivo* ou *in vitro* ou une combinaison des deux. Si les races à conserver se trouvent dans plus d'un pays, les décisions devraient se prendre au niveau international. Par conséquent, les institutions/organisations de coordination régionale, ainsi que les politiques nationales de soutien sont nécessaires pour faciliter la prise de décision et passer à l'action. Jusqu'à présent, on n'a reçu que très peu d'exemples d'actions concertées par plusieurs pays en matière de gestion des ressources zoo génétiques.

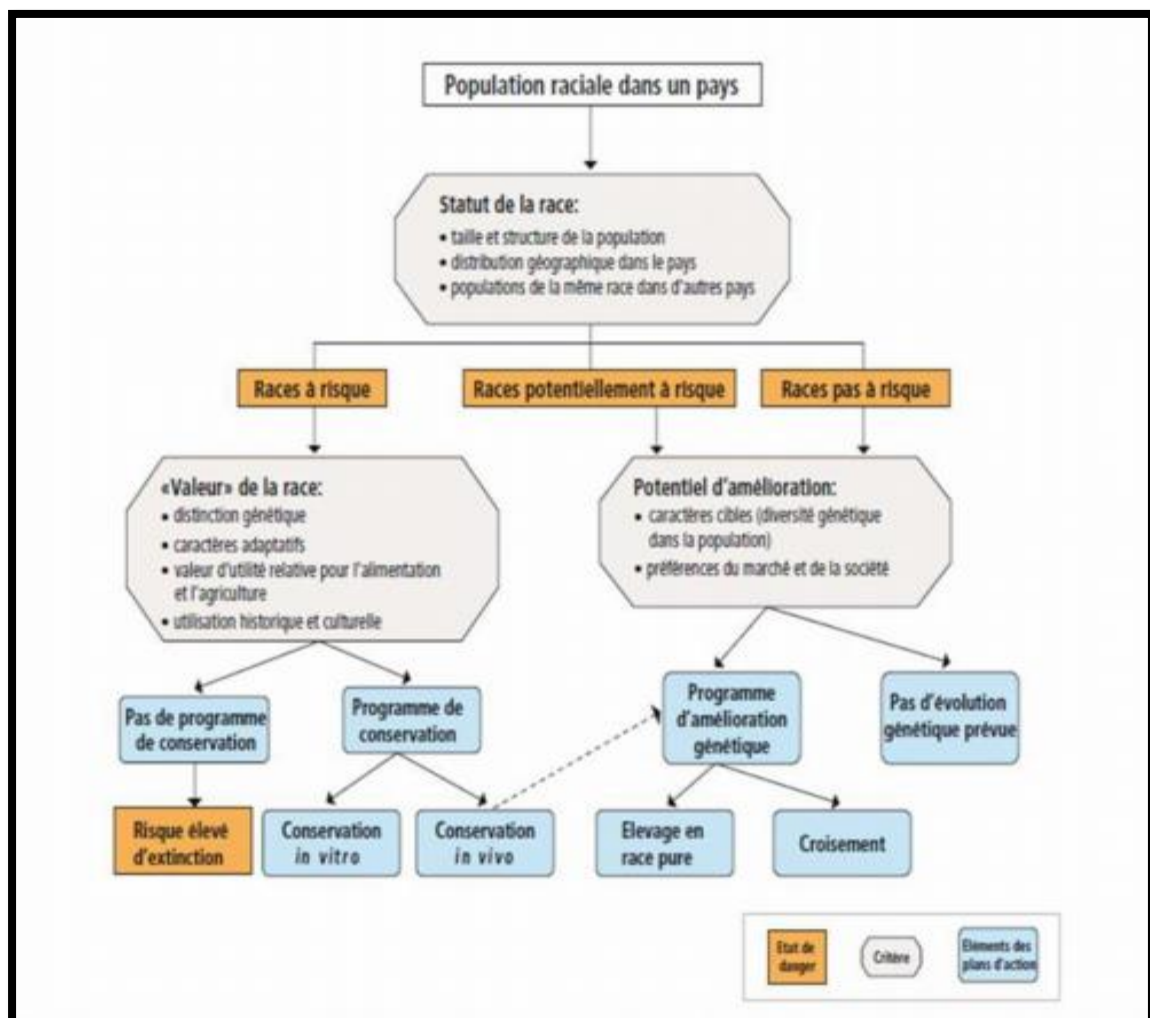


Figure 31: Informations nécessaires pour l'établissement des stratégies de gest

Matériel et Méthodes

I. Populations d'étude :

1. Choix des animaux :

La population équine en Algérie compte Plus de 256.000 chevaux vivant sur le territoire Algérien (**recensements du Ministère Algérien de l'Agriculture, 2012**). Constituée à 90% de chevaux Barbe et Arabe Barbe (et Selle algérien). Les 10% restant se répartissent entre chevaux Arabe, Pur-sang Anglais et Trotteur Français (**Rahal et al, 2009**).

En général, des échantillons de 20 à 50 individus de chaque race doivent être sélectionnés afin qu'ils soient pertinents. Cependant, le nombre d'individus échantillonnés peut varier d'un cas à l'autre, il peut être plus faible dans les populations locales fortement consanguines, et peut être plus élevé dans les cas où la population est largement répartie (divisée en différents types écologiques) (**Nei et Roychoudhury, 1974 ; Nei, 1978**). Dans l'idéal, l'échantillon devrait être représentatif de la population étudiée, c'est pourquoi la FAO recommande l'utilisation de normes géographiques, dans lesquelles chaque animal est échantillonné dans une zone géographique différente. Animaux ou très peu d'animaux (non apparentés) (**Parker et al, 2004**).

La population équine de fantasia, sujet de notre étude, se rencontre surtout à l'ouest de l'Algérie. Lors de notre étude nous avons effectué des mesures sur des chevaux Barbes, Arabe-Barbe et Anglais-Barbe localisés au niveau de la wilaya de Saida (la région de Sidi Youcef), la wilaya de Naama (la région de Mechrya), la wilaya d'Oran (la région de Belkaid) et la wilaya de Tlemcen (les régions de : Ghazaouet, Nedroma, Meghnia, Zenata, Henaya, Sabra, Ben Sekrane et Ain Fza) (**Figure 32**). Au total **88** chevaux ont été étudiés dont **13** Étaient des femelles. Ils ont tous dépassé l'âge de 3 ans (âge de maturité).



Figure 32: Carte géographique des wilayas algériennes étudiées.

II. Enquêtes sur le terrain et échantillonnage

1. Planification de l'enquête

Avant le déplacement sur le terrain, l'étude bibliographique concernant la caractérisation des équins locaux dans les différentes régions en Algérie a permis d'établir un questionnaire.

Par la suite une enquête chez 19 éleveurs dans les régions de Ghazaouet, Nedroma, Meghnia, Sabra, Zenata, Henaya, Ain Fza et Ben Sekrane (wilaya de Tlemcen), la région de Belkaid (wilaya d'Oran), la région de Sidi Youcef (wilaya de Saida) et la

région de Mechria (wilaya de Naama) a été réalisée afin de vérifier la faisabilité du questionnaire préparé et de le finaliser. Le questionnaire final (Annexe 1) était du type semidirigé et il a porté essentiellement sur l'état socio-économique de l'éleveur, l'historique et la conduite des élevages, la productivité et la destination des équins locale.

En tenant compte de la manière avec laquelle les élevages de chevaux de fantasia locales sont établis (aucune information préalable sur les sites d'élevage, les effectifs, etc.), nous avons fixé la procédure suivante :

- réaliser une étude de caractérisation primaire avec des enquêtes auprès des élevages.
- réaliser des contacts directs avec les éleveurs.
- réaliser un échantillonnage aléatoire simple.

Ainsi, les critères qui ont été pris en considération pour le choix des éleveurs :

- l'importance de choisir des chevaux spéciaux pour la fantasia, qui sont tous dépassent l'âge de 3 ans (âge de maturité).

2. Conduite de l'enquête et de l'échantillonnage :

Sur la base des critères prédéfinis, l'enquête a été menée dans les quatre wilayas de l'Ouest algérien. Dans la wilaya de Tlemcen, 16 fermes éloignées ont été visités et un seul ferme pour la wilaya d'Oran, Saida et de Naama pour réaliser un échantillonnage représentatif de la population dans la région en question. Deux à trois élevures par région ont été choisies pour participer à cette étude. Lors de ce premier contact, une parole introductive me présentant ainsi que les objectifs de l'enquête ont été exposés. Une fois d'accord, l'éleveur a été interrogé avec le questionnaire déjà préparé en français après traduction directe en dialecte local. Chez chaque éleveur, cinq à quinze cheval adultes ont fait l'objet d'une description phénotypique (les caractéristiques du la robe ,de la tête avec les marques blanche et le type de balezan) et des mensurations (le poids corporel de cheval, la hauteur au garrot, la hauteur à la croupe, les longueurs et les circonférences) qui ont été réalisées à l'aide d'un mètre ruban et une toise. Chaque cheval a été photographié afin de réaliser la description précise du phénotype et d'enregistrer des informations sur les environnements d'origine. Un exemple de fiche descriptive des chevaux est représenté dans **l'annexe 1**.

Un prélèvement sanguin de 4 millilitres (ml) a été réalisé, à partir de chaque animal photographié au niveau de la veine jugulaire, avec des seringues à usage unique de 4 ml et sur des tubes contenant l'anticoagulant EDTA « *Ethylène Diamine Tétra Acétique* ». Les échantillons prélevés ont été conservés à -20 °C.

III. Etude morphométrique :

1. Matériel de mensuration :

Pour la mesure morphométrique, nous avons utilisés le matériel suivant :

- Un ruban métrique pour la mesure des paramètres se rapportant aux longueurs et aux circonférences
- Une canne hippométrique (toise) pour les paramètres de hauteur.

2. Méthodes :

2.1. Manipulations :

Le cheval a été mis sur un plan horizontal bien aplati et d'aplomb. Dans un premier temps, nous avons effectué les mesures des hauteurs au garrot et de la croupe à l'aide de la canne hippométrique. Le curseur étant levé au-dessus de la hauteur à mesurer. On rapprochait la canne de l'animal, la main libre étant appliquée sur le cheval pour prévenir le sujet. Le curseur abaissé progressivement jusqu'à affleurement très exact sur la partie la plus proéminente. Dans un deuxième temps, nous avons procédé à la mise en évidence des points de repère sur la surface du corps à l'aide d'un crayon marqueur. Onze points ont été alors mis en évidence (**figure 33**), (**Barone, 1976, Barone, 1980**). Il s'agit de :

1. Protubérance occipitale externe (sommet du toupet) (point : a).
2. Bord antérieur de l'aile de l'atlas. (Point : b).
3. Sommet de la scapula (à l'intersection de l'épaule-garrot) : Il se trouve à l'extrémité du cartilage dans le prolongement de l'épine scapulaire (point : c).
4. Partie caudale du tubercule majeure de l'humérus (pointe de l'épaule) : son point de repère externe se situe dans le prolongement de l'épine scapulaire (point : d).
5. Relief latéral de la tête radiale (la région du coude) (point : e).

6. Partie distale du radius : se situe approximativement à l'intersection de la verticale passant par l'axe du radius et l'horizontale passant par le sommet de l'os pisiforme. (Partie latérale et supérieure du « genou ») (Point : f).
7. Tête du métacarpe IV (partie latérale inférieure du « genou ») (point : g).
8. Extrémité distale du métacarpe (région du boulet) (point : h).
9. Angle de la hanche (région de la tubérosité coxale) : épine iliaque ventro-crâniale (point : i).
10. Crête du grand trochanter du fémur (point : j).
11. Sommet de la tubérosité tibiale (partie inférieure antérieure de la région du grasset : région du genou) (point : k).

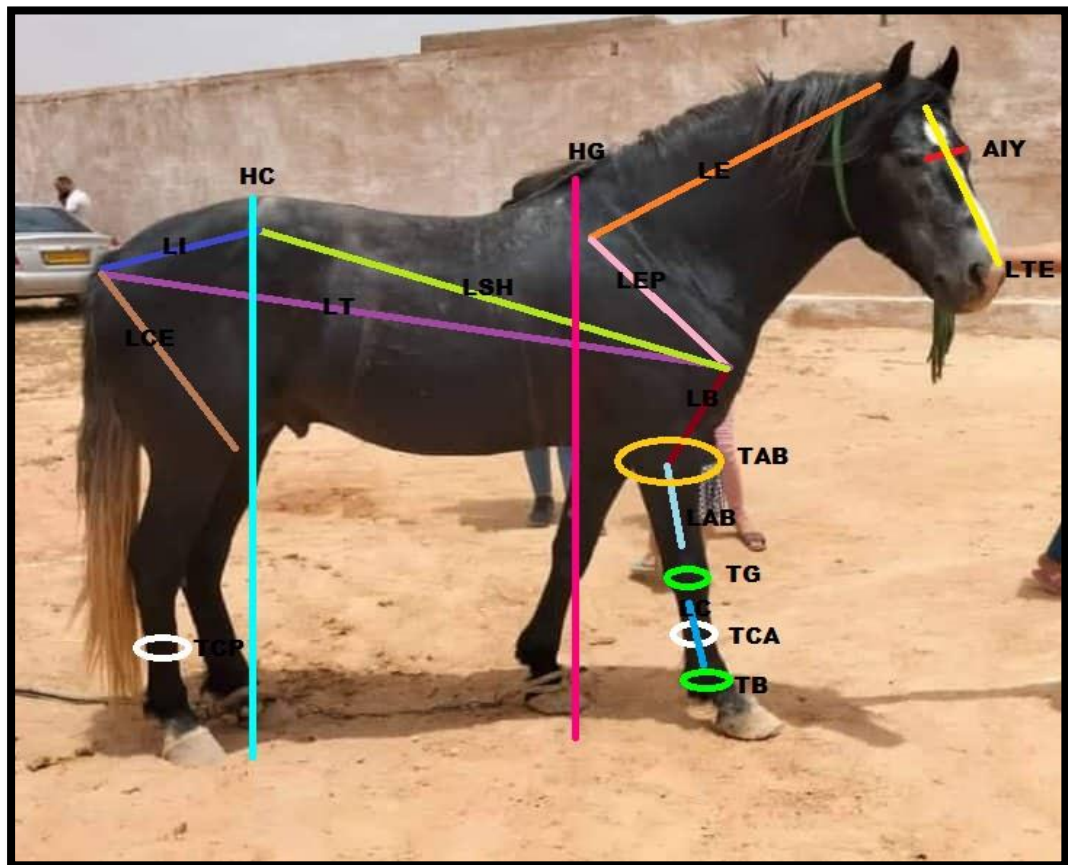


Figure 33: Photo originale des points de repères définissant les paramètres morphologiques de longueur du cheval.

- Ces points de repère ont permis de définir les paramètres suivants :

— La longueur totale ou longueur huméro-ischiale (LT) est la distance entre la pointe de l'épaule (région de l'articulation humérale) et la pointe des fesses (région de la tubérosité ischiatique).

— La longueur huméro-iliaque (LSH) est la distance entre la partie caudale du grand tubercule de l'humérus (point d) et l'angle de la hanche (point : i).

— La longueur de la tête (LTe) est mesurée sur la ligne médiane entre le sommet du toupet (région occipitale) (point : a) et le bout du nez.

— La distance entre les angles internes des yeux (AIY).

— La longueur de l'encolure (LE) est mesurée entre le bord cranial de l'aile de l'atlas (point : b) et le sommet de la scapula (point : c).

— La longueur de l'épaule (LEp) mesurée entre le sommet de la scapula (point c) et la partie caudale du grand tubercule de l'humérus (point : d).

— La longueur du bras (LB) est mesurée entre la partie caudale du grand tubercule de l'humérus (Point : d) et le relief latéral de la tête radiale (point : e).

— La longueur de l'avant-bras (LAB) mesurée entre le relief latéral de la tête radiale (point : e) et la partie distale du radius (point : f).

— La longueur du canon (LC) est mesurée entre la tête du métacarpe IV (point : g) et l'extrémité distale du métacarpe (point : h).

— La longueur de l'ilium (LI) est mesurée entre l'épine iliaque ventro-craniale (point : i) et la crête du grand trochanter (point : j).

— La longueur de la cuisse (LCe) mesurée entre la crête du grand trochanter et le sommet de la tubérosité tibiale (point : k).

➤ **Les paramètres relatifs aux circonférences ont été mesurés Comme suit :**

Le tour de poitrine est mesuré avec un ruban métrique qui passe verticalement en arrière du garrot et coupant la 9ème côte vers son milieu. La lecture est faite en fin d'une expiration. Le tour de l'avant-bras est pris 10 centimètres au-dessus de la châtaigne.

Le tour du « genou » passe par l'os accessoire du carpe (os pisiforme), os proéminent

en arrière de l'articulation. Le tour du canon antérieur ; dans ce cas le ruban métrique est placé perpendiculairement à l'axe du canon, à quatre doigts au-dessous de la partie inférieure de l'articulation du « Genou ». Le tour du boulet se mesure au niveau de sa partie la plus volumineuse. Nous avons estimé le poids vif par une formule barymétrique qui a été démontrée par **Caroll et Huntington, 1988**. Elle utilise le tour de poitrine et la longueur totale.

$$\text{Poids vif (kg)} = (\text{Tour de poitrine})^2 \times \text{Longueur totale (cm)} / y$$

Y étant une constante égale à 11877,4 cm³/kg.

2.2. Les paramètres :

Nous avons mesuré des paramètres quantitatifs et apprécié des paramètres qualitatifs.

- **Les paramètres quantitatifs** : étaient des hauteurs et des longueurs. Il s'agissait de la hauteur au garrot (région interscapulaire) (HG) et la hauteur à la croupe (région sacrale) (HC), la longueur totale (LT), la longueur scapulo-iliaque (LSH), la longueur de la tête (LTe), la distance entre les angles internes des yeux (AIY), la longueur de l'encolure (bord dorsal du cou) (LE), la longueur de l'épaule (région scapulaire) (LEp), la longueur du bras (région brachiale) (LB), la longueur de l'avant-bras (région antébrachiale) (LAB)), la longueur du canon (région métacarpienne) (LC), la longueur de l'ilium (LI) et la longueur de la cuisse (région fémorale) (LCe). Ces paramètres ont été déduits à Partir de points de repère définissant le corps de l'animal.

De plus nous avons mesuré les circonférences. Il s'agissait des tours de poitrine (région sternale) (TP) ; de l'avant-bras (région antébrachiale) (TAB) ; du « genou » (région carpienne), du canon antérieur (région métacarpienne) (TCA) ; du canon postérieur (TCP) et du tour du boulet (région métacarpo-phalangienne) (TB). Ainsi que le tour du genou (région carpienne) (TG). Le terme « genou » désigne ici la région ayant pour support anatomique les os du carpe et non pas le genou au sens anatomique (articulation fémoro-tibiopatellaire) (**Tableau 3**).

Tableau 10: liste et description des mesures effectuées.

Type De Mesure	Abréviation	Description	Instrument Utilisé
Hauteur au garrot	(HG)	(Sommet du garrot–sol)	T
Hauteur à la croupe	(HC)	(Ligne sacrée à hauteur des hanches–sol)	T
Longueur Totale	(LT)	(Pointe de l'épaule–pointe de la fesse)	R
Longueur Scapulo-iliaque	(LSH)	(Pointe de l'épaule–pointe de la hanche)	R
Longueur de la tête	(LTe)	(Nuque–commisure supérieure des naseaux)	R
Distante entre les angles internes des yeux	(AIY)	(Entre les angles internes des yeux)	R
Longueur de l'encolure	(LE)	(Milieu de la parotide–milieu du bord antérieur de l'épaule)	R
Longueur d'épaule	(LEp)	(Sommet–pointe de l'épaule)	R
Longueur du bras	(LB)	(Pointe de l'épaule–relief latéral de la tête radiale)	R
Longueur de l'avant-bras	(LAB)	(Relief latéral de la tête radiale–partie distale du radius)	R
Longueur du canon	(LC)	(Tête du métacarpe IV–extrémité distale du métacarpe au niveau du boulet)	R
La longueur de la cuisse	(LCe)	Mesurée entre la crête du grand trochanter et le sommet de la tubérosité tibiale	R
Tour de l'avant-bras	(TAB)	(10 cm au-dessus de la châtaigne)	R
Tour du genou	(TG)	(Passe par l'os pisiforme, os proéminent en arrière de l'articulation)	R
Tour du canon antérieur	(TCA)	(Perpendiculairement à l'axe du canon, à quatre doigts en dessous de la partie inférieure du genou)	R
Tour du canon postérieur	(TCP)	(Idem TCA)	R
La longueur de l'ilium	(LI)	Est mesurée entre l'épine iliaque ventro crâniale et la crête du grand trochanter	R
Tour de poitrine	(TP)	(En arrière du garrot)	R

□ T : toise ; R : ruban métrique

À partir de ces différentes mensurations, six indices corporels (**Tableau 3**), ont été calculés selon des formules décrites par plusieurs auteurs (**Marcq et al, 1951 ; Chabchoub et al, 2004 ; Nicks et al, 2006 ; Boujenane et al, 2008**), à savoir

- Indice de corpulence : (tour de poitrine (TP)/hauteur au garrot (HG)) ;
- Indice Corporel de Profil :(HG/longueur totale (LT)) ;
- Indice de Compacité : (poids vif (PV)/HG) ;
- Indice Corporel Relatif : (LT/TP) ;

- Indice Dactylo-Thoracique : tour du canon antérieur ((TCA)/(TP)) ;
- Hauteur Devant Derrière : ((HG)/hauteur à la croupe (HC)).

Tableau 11: les six indices corporels calculés.

Indices	Abréviation
Indice Corporel De Profil	(HG/LT)
Indice De Compacité	(PV/HG)
Indice De Corpulence	(TP/HG)
Dactylo-Thoracique	(TCA/TP)
Corporel Relatif	(LT/TP)
Hauteur Devant Derrière	(HG/HC)

- **Les paramètres qualitatifs :** quatre caractères qualitatifs ont été appréciés à l'œil nu. Il s'agit de :
- **La couleur de la robe :** alezane, gris, baie et autre
 - **Les marques blanches :** Il existe trois catégories de marques blanches se trouvant sur la tête du cheval (marques en-tête, liste et ladre)
 - **Type de balzane :** Ce sont des marques blanches qui recouvrent plus ou moins le bas des jambes. Elles sont présentes sur un, plusieurs ou la totalité des membres : principe de balzane, petite balzane, grande balzane ...
 - **Forme de Tête :** concave, convexe, Rectiligne.

IV. Etude Moléculaire :

1. Prélèvement du sang :

On a prélevé le sang de la veine jugulaire à l'aide des seringues de 4ml en utilisant du coton alcoolisé pour désinfecter l'endroit du prélèvement.

Un volume de 4ml a été prélevé par animal dans des tubes contenant l'acide éthylène diamine-tétra-acétique (EDTA). Chaque tube comprend une étiquette où nous avons mentionné un numéro correspondant à l'animal prélevé et photographié.

Ces échantillons ont été expédiés dans des glacières maintenues à 0°C jusqu'à leur arrivée au laboratoire et stockées à -20°C (**Figure 34**). On a aussi fait des prélèvements de poils pour une éventuelle extraction d'ADN sur ce type de prélèvement biologique qui est moins stressant pour l'animal.



Figure 34: Le matériels utilisés : seringue, coton, alcool, tube EDTA, gants, glacière. (Photos originaux)

V. Méthodes d'analyses statistiques :

1. Logiciels utilisés :

L'étude de la biodiversité génétique nécessite des approches statistiques particulières, réalisées par des technologies d'analyse des données à haut débit, une vitesse et une mémoire d'ordinateur élevées. Le développement de la bioinformatique et les progrès technologiques de nombreux outils statistiques en génétique des populations, permet de traiter plus rapidement une série de données, ainsi que la production massive de différentes caractéristiques dans des populations données (**Benhammedi et Mezouar, 2016**). Les trois logiciels ainsi que les paramètres pour lesquels ils ont été utilisés sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 12: les logiciels utilisés dans le traitement statistique.

Logiciel	Caractéristiques
R STUDIO	Cercle de corrélation du variable
R (FactoMineR) V 4.0.1	Analyse des composants principaux (ACP)
XLSTAT 2022	La comparaison entre les groupes par le test non paramétrique de Mann et Whitney
Excel	Moyennes, pourcentage, écart type et l'Indices de diversité de Shannon- Weaver (1949)

2. Analyses statistiques des données :

Les données sont organisées et saisies dans un grand tableau sur Excel, organisée par wilaya, les animaux sur des lignes et les variables sur les colonnes pour réaliser différents tests statistiques descriptifs et analytiques à partir de leur traitement informatique.

2.1. Des analyses descriptives :

Concernant les différents paramètres des animaux étudiés (pourcentage, moyennes, écart types), des graphes et histogrammes, ainsi que la comparaison des moyennes ont été réalisés. Aussi, on a calculé la diversité spécifique dans notre population d'étude par l'indice de Shannon et Weaver.

2.2. Des analyses multi variées :

Permet de passer à un niveau d'analyse par la confrontation des différentes distributions pour analyser de façon précise les interactions entre les variables sélectionnées et d'essayer de mettre en évidence des combinaisons plus ou moins systématiques de variables et de dégager les composantes qui structurent les populations étudiées. Les méthodes d'étude de l'ensemble des caractères reposent sur les principes de l'analyse statistique multidimensionnelle (**Jivotovski, 1985**).

2.2.1. Analyse en composantes principales (ACP) :

Selon **Kouani et al**, l'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode d'analyse de données. Elle cherche à synthétiser l'information contenue dans un tableau croisant des individus et des variables quantitatives. Produire un résumé et

d'information au sens de l'ACP c'est établir une similarité entre les individus, chercher des groupes d'individus homogènes, mettre en évidence une typologie d'individus. Quant aux variables c'est mettre en évidence des bilans de liaisons entre elles, moyennant des variables synthétiques et mettre en évidence une typologie de variables. L'ACP cherche d'une façon générale à établir des liaisons entre ces deux typologies (Kouani *et al*, 2007).

2.2.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH) :

Comme les autres méthodes de l'Analyse des données, dont elle fait partie, Selon Maurice Roux la Classification a pour but d'obtenir une représentation schématique simple d'un tableau rectangulaire de données dont les colonnes, suivant l'usage, sont des descripteurs de l'ensemble des observations, placées en lignes. L'objectif le plus simple d'une classification est de répartir l'échantillon en groupes d'observations homogènes, chaque groupe étant bien différencié des autres. Le plus souvent, cependant, cet objectif est plus raffiné. On veut, en général, obtenir des sections à l'intérieur des groupes principaux, puis des subdivisions plus petites de ces sections, et ainsi de suite. En bref, on désire avoir une hiérarchie, c'est à dire une suite de partitions "emboîtées", de plus en plus fines, sur l'ensemble d'observations initial (Maurice Roux, 2006).

2. Indice de diversité :

L'indice de diversité de Shannon (Shannon, 1948), également connu sous le nom d'indice de Shannon-Wiener, d'entropie de Shannon ou indice de Shannon-Weaver (Spellerberg & Fedor, 2003), a été utilisé pour estimer la diversité génétique dans de nombreuses études écologiques. C'est l'indice le plus simple dans sa catégorie et donc le plus largement utilisé. Cet indice est calculé de la manière suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Avec S = nombre total d'espèces

Pi = (nj /N), fréquence relative des espèces

nj = fréquence relative de l'espèce j dans l'unité d'échantillonnage

N = somme des fréquences relatives spécifiques

Plus la valeur de l'indice H' est élevée, plus la diversité est grande.

Résultats et Discussion

1. Résultats et discussion :

Les analyses statistiques ont été réalisées pour décrire la population équine de fantasia élevée dans la région de Tlemcen, Oran, Saida et Naama et avoir une idée sur la structure génétique et la différenciation des individus.

1.1. Mensurations corporelles :

1.1.1. Analyse descriptive :

Les moyennes, les écarts-types, coefficients de variation et l'indice de coefficient des mensurations corporelles des chevaux sont rapportés dans le **tableau 6**.

Tableau 13: Moyenne, écart-type, coefficient de variation (CV) et indice de confiance (IC) des indices corporels des 26 paramètres mesurés sur les chevaux de fantasia étudiés.

Paramètres (mensurations et indices)	Moyenne (n=58)	Ecart type	CV	IC
Hauteur (cm)				
Au garrot	155.827	5.587	0.036	1.167
à la croupe	154.720	5.721	0.037	1.195
Longueur (cm)				
Totale	114.867	5.891	0.051	1.231
scapulo-iliaque	47.960	3.122	0.065	0.652
de la tête	16.427	1.842	0.111	0.385
entre les angles internes des yeux	75.040	5.257	0.070	1.098
de l'encolure	53.933	3.553	0.065	0.742
de l'épaule	34.813	2.225	0.063	0.465
du bras	31.613	3.949	0.124	0.825
de l'avant-bras	13.387	4.528	0.336	0.946
du canon	49.400	3.626	0.073	0.758
de l'illum	162.227	8.401	0.051	1.755
de la cuisse	73.213	4.932	0.067	1.031
Circonférence (cm)				
de la poitrine	181.667	8.598	0.047	1.796
de l'avant-bras	56.667	5.567	0.098	1.163
du genou	32.867	1.871	0.057	0.391
du boulet	28.293	1.817	0.064	0.380
du canon antérieur	23.227	5.714	0.244	1.194
du canon postérieur	22.720	1.808	0.079	0.378
Indice				
indice corporel de profil (HG/LT)	1.025	0.250	0.242	0.052
indice de compacité (PV/HG)	2.007	0.194	0.096	0.040
indice de corpulence (TP/HG)	0.035	0.002	0.066	0.000
dactylo-thoracique (TCA/TP)	0.002	0.000	0.119	0.000
corporel relatif (LT/TP)	0.894	0.046	0.051	0.010
Hauteur devant derrière (HG/HC)	1.007	0.018	0.018	0.004
Poids Vif (kg)	452.788	57.308	0.126	11.973

2.1.2. Variation des variables :

A. Selon le sexe :

Le tableau 7 présente les résultats de la comparaison des moyennes de chaque paramètre pour les mâles et les femelles de notre population d'étude, en utilisant le test de significativité de Man-Whitney. Ce test nous permet de voir si un dimorphisme sexuel existe chez cette espèce.

Tableau 14: Valeurs moyennes des différents paramètres chez les mâles et les femelles et test de significativité.

Paramètres (mensurations et indices)	Moyenne Mâles (n =75)	Moyenne Femelles (n = 13)	Signification (P < 0.05)
Hauteur (cm)			
au garrot	155.827	155.000	NS
à la croupe	154.720	154.692	NS
Longueur (cm)			
Totale	162.227	160.000	NS
scapulo-iliaque	114.867	115.154	NS
de la tête	47.960	47.154	NS
entre les angles internes des yeux	16.427	16.692	NS
de l'encolure	75.040	73.538	NS
de l'épaule	53.933	49.000	<0.0001
du bras	34.813	33.077	0.013
de l'avant-bras	31.613	31.692	NS
du canon	13.387	14.077	NS
de l'ilium	49.400	45.154	0.000
de la cuisse	73.213	69.385	0.008
Circonférence (cm)			
de la poitrine	181.667	183.462	NS
de l'avant-bras	56.667	52.154	0.002
du genou	32.867	29.615	<0.0001
du boulet	28.293	26.308	0.000
du canon antérieur	23.227	22.462	NS
du canon postérieur	22.720	20.923	<0.0001
Indice			
indice corporel de profil (HG/LT)	1.025	1.068	NS
indice de compacité (PV/HG)	2.007	1.984	NS
indice de corpulence (TP/HG)	0.035	0.038	0.000
dactylo-thoracique (TCA/TP)	0.002	0.002	<0.0001
corporel relatif (LT/TP)	0.894	0.873	NS
Hauteur devant derrière (HG/HC)	1.007	1.002	NS
Poids Vif (kg)	452.788	456.148	NS

Sur les 26 paramètres étudiés, 10 paramètres expriment des variations significatives en fonction du sexe ($p < 0.05$) (**le tableau 07**). Nous avons conclu que les mâles étaient plus hauts et plus long que les femelles. L'effet du sexe sur la taille est bien connu. Il est lié à l'effet hormonal au moment de la croissance du jeune (**Ronciere A.P, 1998**).

Les paramètres pour lesquels les moyennes présentent une différence significative ($P < 0,05$) sont ceux liés à la longueur de bras (LB), de canon (LC), de la cuisse (LCE) et ceux liées aux circonférences : de l'avant-bras (TAB), de boulet (TB), de canon postérieure (TCP) et l'indice de corpulence (TP/HG).

Il y a une différence entre les deux populations qui est très hautement significative ($P < 0,0001$) pour les caractères liés à la longueur de l'épaule (LEP), le tour de genou (TG), le tour de canon postérieure (TCP) et l'indice de dactylo-thoracique (TCA/TP).

Nous remarquons aussi qu'il y a 6 paramètres dont les valeurs moyennes chez les femelles sont supérieures à celle des mâles, en termes de longueur : scapulo-iliaque (LSH), entre les angles internes des yeux (AIY), de l'avant-bras (LAB), de canon, tour de poitrine (TP) et le poids.

B. Comparaison des paramètres étudiés entre race :

D'après le questionnaire qu'on a établi pour les éleveurs, il ressort que les animaux qu'on a étudiés appartiennent à 3 classes, 48 échantillons de la classe (01) : Barbe, 23 échantillons de la classe (02) : Arabe-Barbe et 17 échantillons de la classe (03) : Anglais-Barbe (**tableau 8**).

Tableau 8 : nombre des équines échantillonnées de chaque race dans les régions étudiées.

Wilaya	Région	Race			Totale
		Barbe	Arabe- Barbe	Anglais- Barbe	
Tlemcen	Ghazaouet	9	1	2	12
	Nedroma	7	4	0	11
	Meghnia	4	1	3	8
	Zenata	2	0	0	2
	Henaya	3	0	3	6
	Ain Fza	3	1	1	5
	Sabra	3	9	3	15
	Ben Sekrane	7	0	1	8
Oran	Belkaid	1	0	4	5
Saida	Sidi Youcef	7	3	0	10
Naama	Mechria	2	4	0	6
Totale		48	23	17	88

On a aussi réalisé une comparaison de 03 classes par apport au Pur-sang Anglais (legault.J.1977), Pur-sang Arabe (El Beji, 1972) et le Barbe (Benhammadi et Mezouar, 2016) (tableaux 9-22).

Tableau 9 : comparaison des valeurs de la taille chez la classe (01) étudiés et, standard Barbe en Algérie et le Pur-sang Arabe.

Paramètres (taille)	Valeurs moyennes pour la classe (01) (cm)	Valeurs moyennes du standard Barbe en Algérie	Valeurs moyennes Pur-sang Arabe, (El Beji, 1972)
HG	154.708	150.5	147.25
HC	153.938	-	-

Tableau 10 : comparaison des valeurs de la taille chez la classe (02) étudiés et, standard Barbe en Algérie et le Pur-sang Arabe.

Paramètres (taille)	Valeurs moyennes pour la classe (02) (cm)	Valeurs moyennes du standard Barbe en Algérie	Valeurs moyennes Pur-sang Arabe, (El Beji, 1972)
HG	154.455	150.5	147.25
HC	153.455	-	-

Tableau 11 : comparaison des valeurs de la taille chez la classe (03) étudiés et, standard Barbe en Algérie et le Pur-sang Arabe.

Paramètres (taille)	Valeurs moyennes pour la classe (03) (cm)	Valeurs moyennes du standard Barbe en Algérie	Valeurs moyennes Pur-sang Arabe, (El Beji, 1972)
HG	160.706	150.5	147.25
HC	159.118	-	-

Tableau 12 : comparaison des valeurs de la longueur totale, de la longueur huméro-iliaque et de la longueur de l'encolure chez la classe (01) étudiés et le Pur-sang Anglais.

Paramètres (Longueur)	Valeur moyenne pour la classe (01) (cm)	Valeurs moyennes (PSA). (Cm), (legault.J.1977)	Valeurs moyennes Barbe (cm) (Benhammadi et Mezouar, 2016)
Totale	160.792	162.93	160,0
Scapulo-iliaque	113.917	109.41	118,2
de l'encolure	74.208	80.56	62,8

Tableau 13 : Comparaison des valeurs de la longueur totale, de la longueur huméro-iliaque et de la longueur de l'encolure chez la classe (02) étudiés et le Pur-sang Anglais

Paramètres (Longueur)	Valeur moyenne pour la classe (02) (cm)	Valeurs moyennes (PSA). (Cm), (legault.J.1977)	Valeurs moyennes Barbe (cm) (Benhammadi et Mezouar, 2016)
Totale	160.636	162.93	160,0
Scapulo-iliaque	113.864	109.41	118,2
de l'encolure	74.227	80.56	62,8

Tableau 14 : Comparaison des valeurs de la longueur totale, de la longueur huméro-iliaque et de la longueur de l'encolure chez la classe (03) étudiés et le Pur-sang Anglais.

Paramètres (Longueur)	Valeur moyenne pour la classe (03) (cm)	Valeurs moyennes (PSA). (Cm), (legault.J.1977)	Valeurs moyennes Barbe (cm) (Benhammadi et Mezouar, 2016)
Totale	167.353	162.93	160,0
Scapulo-iliaque	119.176	109.41	118,2
de l'encolure	77.412	80.56	62,8

Tableau 15 : Comparaison des tours de poitrine et canon antérieur entre la classe (01) étudié, le standard Barbe en Algérie et le Pur-sang Arabe.

Paramètres (Circonférence)	Valeurs moyennes pour la classe (01) (cm)	Valeurs moyennes du standard Barbe en Algérie	Valeurs moyennes Pur-sang Arabe, (El Beji, 1972)
de la poitrine	179.750	> 170	-
du canon antérieur	22.083	> 18	20-21
Poids Vif (kg)	438.933	-	-

Tableau 16 : Comparaison des tours de poitrine et canon antérieur entre la classe (02) étudié, le standard Barbe en Algérie et le Pur-sang Arabe.

Paramètres (Circonférence)	Valeurs moyennes pour la classe (02) (cm)	Valeurs moyennes du standard Barbe en Algérie	Valeurs moyennes Pur-sang Arabe, (El Beji, 1972)
de la poitrine	183.409	> 170	-
du canon antérieur	23.364	> 18	20-21
Poids Vif (kg)	456.736	-	-

Tableau 17 : Comparaison des tours de poitrine et canon antérieur entre la classe (03) étudié, le standard Barbe en Algérie et le Pur-sang Arabe.

Paramètres (Circonférence)	Valeurs moyennes pour la classe (03) (cm)	Valeurs moyennes du standard Barbe en Algérie	Valeurs moyennes Pur-sang Arabe, (El Beji, 1972)
de la poitrine	187.294	> 170	-
du canon antérieur	25.882	> 18	20-21
Poids Vif (kg)	496.263	-	-

Tableau 18 : Comparaison de la longueur de l'épaule, de la longueur du bras, de la longueur de l'avant-bras, de la longueur du canon, de la longueur de l'ilium et de la longueur de la cuisse entre la classe (01) étudié et le Pur-sang Anglais.

Paramètres (Longueur)	Valeur moyenne pour la classe (01) (cm)	Valeur moyenne (PSA) (cm), (Legaultr.J.1977)	Valeur moyenne pour les chevaux Barbe (cm) (Benhammadi et Mezouar, 2016).
de l'épaule	52.688	46.98	54,40
du bras	34.063	33.39	32.62
de l'avant-bras	31.063	45.36	36.91
du canon	13.063	26.7	25.93
de l'ilium	47.604	27.24	37.40
de la cuisse	71.188	35.67	45.79

Tableau 19 : Comparaison de la longueur de l'épaule, de la longueur du bras, de la longueur de l'avant-bras, de la longueur du canon, de la longueur de l'ilium et de la longueur de la cuisse entre la classe (02) étudié et le Pur-sang Anglais.

Paramètres (Longueur)	Valeur moyenne pour la classe (02) (cm)	Valeur moyenne (PSA) (cm), (Legaultr.J.1977)	Valeur moyenne pour les chevaux Barbe (cm) (Benhammadi et Mezouar, 2016).
de l'épaule	53.318	46.98	54,40
du bras	34.727	33.39	32.62
de l'avant-bras	31.455	45.36	36.91
du canon	13.182	26.7	25.93
de l'ilium	50.364	27.24	37.40
de la cuisse	73.227	35.67	45.79

Tableau 20 : Comparaison de la longueur de l'épaule, de la longueur du bras, de la longueur de l'avant-bras, de la longueur du canon, de la longueur de l'ilium et de la longueur de la cuisse entre la classe (03) étudié et le Pur-sang Anglais.

Paramètres (Longueur)	Valeur moyenne pour la classe (03) (cm)	Valeur moyenne (PSA) (cm), (Legaultr.J.1977)	Valeur moyenne pour les chevaux Barbe (cm) (Benhammadi et Mezouar, 2016)
de l'épaule	54.647	46.98	54,40
du bras	35.824	33.39	32.62
de l'avant-bras	33.529	45.36	36.91
du canon	15.294	26.7	25.93
de l'ilium	49.94	27.24	37.40
de la cuisse	76.118	35.67	45.79

Tableau 21 : Comparaison des tours de poitrine et canon antérieur entre la classe (01) étudié, le standard Barbe en Algérie et le Barbe (mémoire Ben hamadi 2016).

Paramètres (Circonférence)	Valeurs moyennes pour la classe (01) (cm)	Valeurs moyennes pour les chevaux Barbe (cm) (Benhammadi et Mezouar, 2016)
de la poitrine	179.750	175.5
du canon antérieur	22.083	19.8

Tableau 22 : Comparaison des tours de poitrine et canon antérieur entre la classe (02) étudié, le standard Barbe en Algérie et le Barbe (mémoire Ben hamadi 2016).

Paramètres (Circonférence)	Valeurs moyennes pour la classe (02) (cm)	Valeurs moyennes pour les chevaux Barbe (cm) (Benhammadi et Mezouar, 2016)
de la poitrine	183.409	175.5
du canon antérieur	23.364	19.8

Tableau 23 : Comparaison des tours de poitrine et canon antérieur entre la classe (03) étudié, le standard Barbe en Algérie et le Barbe (mémoire Ben hamadi 2016).

Paramètres (Circonférence)	Valeurs moyennes pour la classe (03) (cm)	Valeurs moyennes pour les chevaux Barbe (cm) (Benhammadi et Mezouar, 2016)
de la poitrine	187.294	175.5
du canon antérieur	25.882	19.8

a. Paramètres se rapportant à la taille du cheval :

Deux caractères sont ici comparés, la hauteur au garrot (HG) et la hauteur à la croupe (HC). Nous constatons que la valeur moyenne de HG de l'échantillon étudié chez les classes (1) et (2) sont comparable à la valeur du standard du cheval Barbe, tandis qu'elles sont supérieures à celle du Pur-sang Arabe (PSAr). En ce qui concerne la valeur moyenne de la taille au garrot chez la classe (3) est supérieures à celle du Barbe et du Pur-sang Arabe (PSAr), ce qui va de même pour la HC (**tableaux 9,10,11**). Les valeurs de la HG sont comparables à ceux obtenus pour HC, de plus ces deux paramètres sont parfaitement corrélés. L'abaissement léger du devant du cheval étant désavantageux pour les animaux de trait, à moindre échelle pour ceux de selle, et à fortiori de course pour lesquels une prédominance de taille de la croupe est parfois recherchée surtout pour les chevaux du steeple ce qui explique ces résultats, (**Marcenac L.N. et Aubert H, 1974**). Selon ces résultats les chevaux étudiés seraient surtout des chevaux adaptés à la course.

b. Paramètres se rapportant à la longueur du cheval :

Ce paramètre est estimé à partir de la longueur totale (LT), la longueur huméro-iliaque (LSH) et la longueur de l'encolure (LE).

Nous remarquons que pour LT la moyenne chez la classe (1), (2) est plus proche de celle du PSA, par contre la valeur du LE est largement inférieur à celles du PSA. Quant à la valeur moyenne de LSH, elle est plus élevée que celle du PSA. Alors que les valeurs moyennes du LT, LSH et LE chez la classe (3) sont plus élevées que celle du PSA. D'autre part, on remarque que les moyennes chez les classes (1) et (2) sont presque comparables avec le Barbe (**tableaux 12,13,14**). La LT a une répercussion sur la longueur du rein, plus elle est importante plus le cheval est ensellé (**Marcenac L.N. et Aubert H, 1974**). Ce qui procure un avantage physiologique important aux les races étudiées.

c. Indice corporel du profil (HG/LT) (tableau 23) :

Tableau 24 : comparaison entre les indices corporel du profil (HG/LT) des 3 classes.

Les indices	Classe 01	Classe 02	Classe 03
indice corporel de profil (HG/LT)	0.995	1.042	1.124
indice de compacité (PV/HG)	2.034	2.013	1.918
indice de corpulence (TP/HG)	0.036	0.035	0.035
dactylo-thoracique (TCA/TP)	0.002	0.002	0.002
Corporel relatif (LT/TP)	0.895	0.877	0.894
Hauteur devant derrière (HG/HC)	1.005	0.007	1.010
Poids Vif (kg)	438.933	456.736	496.263

L'indice corporel ou de corpulence permet d'évaluer la proportion d'un animal. Un cheval est dit bréviligne si l'indice est inférieur à 1, médioligne s'il est égal à 1 et longiligne pour un indice supérieur à 1 (**Marcenac L.N. et Aubert H, 1974**). La valeur moyenne de HG/LT chez la classe (1) et (2) est de 0.995,1.042 à peu près égale à 1 ; c'est-à-dire à la valeur exigée par l'O.M.C.B. (**Chabchoub A, 1998**). Ce résultat veut dire que notre étude a bien été réalisée sur des animaux représentant le standard international du cheval Barbe. Cet indice corrige les erreurs de l'appréciation visuelle et prouve qu'un cheval dit bréviligne (cheval lourd) est plus long que haut et qu'un longiligne est plus haut que long. L'égalité de ces dimensions donne le cheval carré.

d. Paramètres se rapportant au poids du cheval :

Les caractères décrivant ce paramètre sont le poids vif (PV), le tour de poitrine (TP), le tour du canon antérieur (TCA) et le tour du canon postérieur (TCP). Pour l'estimation du poids vif, nous avons préféré utiliser la formule de Carroll et

Hungton (**Caroll C.L. et Huntigton P.J, 1988**), à la méthode de Crevat (**Marcenac L.N. et Aubert H.1974**) qui n'estime le poids qu'à partir du périmètre thoracique, mesuré au niveau de la 9ème cote, élevé au cube et multiplié par le coefficient 80.

Les valeurs moyennes du PV des classes étudiés (01), (02) et (3) sont de 438.933kg, 456.736kg, 496.263kg en ordre. Donc la classe (1) est un cheval léger, alors que la classe (2) et (3) est un cheval de selle en comparaison avec des chevaux lourds (600 à 1000 kg) et des chevaux de selle (450 à 600 kg) (**Marcenac L.N. et Aubert H.1974**).

Pour le tour de poitrine, les valeurs moyenne des classes (01), (02), et (03) sont conforme à la valeur du standard Barbe en Algérie (**Ben aissa R. et Tamzali Y, 1989**) (**tableaux 15, 16, 17**), cependant, on peut dire qu'on est en présence d'un cheval à thorax volumineux en regard de sa taille. Les exemples de Theret (**Marcenac L.N. et Aubert H, 1974**), nous confirment cette hypothèse. En effet, le tour de poitrine est chez l'Arabe- Barbe de 170 cm pour une taille de 153 cm, pour l'Anglo- Arabe le TP est de 188 cm pour une taille de 160 cm et pour le Demi-selle Normand le tour de poitrine est de 200 cm pour une taille de 169 cm.

Parmi les moyennes du périmètre du canon antérieur des 3 classes étudié, nous remarquons que sont conformes au standard du Barbe et sont différencié à la race pur-sang arabe. D'après ces données, nous remarquons que nos chevaux ont des membres assez épais relativement à sa taille. En effet, Marcenac & coll. (**Marcenac L.N. et Aubert H, 1974**), rapprochent le TC à la taille comme suit :

- 18 cm pour une taille inférieure ou égale à 157 cm,
- 19 cm pour une taille supérieure à 157 cm,
- 20 cm pour les chevaux lourds.

Or les chevaux de la classe 1,2, 3 possède un périmètre de canon de (22.08 cm, 23.36 cm, 25.88 cm) respectivement pour une taille de (154.70cm, 154.55cm, 160.70cm). Ceci est en faveur de la solidité et l'épaisseur des membres.

e. Indice de compacité (PV/LT) et indice de corpulence (TP/HG) (tableau 24) :

Tableau 25 : Indice de compacité (PV/LT) et indice de corpulence (TP/LT) de chaque classe.

Les indices	Classe 01	Classe 02	Classe 03
PV/LT	2.72	2.83	2.95
TP/LT	1.12	1.14	1.12

Nous avons trouvé au niveau de la population étudiée, chez la classe (1) une moyenne de 2.72 kg/cm, chez la classe (2) :2.83kg/cm et chez la classe (3) :2.95kg/cm pour l'indice de compacité. A titre de comparaison, nous donnons quelques indices de compacité calculés à partir des données rapportées par Theret (Marcenac L.N. et Aubert H, 1974) :

- Arabe-Barbe : 2,62 kg/cm,
- Demi-selle Normand : 3,55 kg/cm,
- Anglo-Arabe : 2,79 kg/cm.

Ainsi, on remarque que la moyenne de la classe (1) est supérieure à celle d'Arabe-Barbe et inférieure à celle de l'Anglo-Arabe et incomparable avec celle de Demi-selle Normand. Tandis que, la classe (2) et (3) est supérieure à la moyenne d'Arabe-Barbe et Anglo-Arabe et incomparable avec celle de Demi-selle Normand. Nous pouvons dire que notre cheval de la classe (1) est compact par rapport à son poids. En ce qui concerne l'indice de corpulence (TP/HG), les moyennes des classes étudiées sont de 1.12 kg/cm, 1.14 kg/cm, 1.12 kg/cm respectivement pour les trois classes. Marcenac rapporte que le meilleur indice corporel oscille entre 0,885 et 0,90 (Marcenac L.N. et Aubert H, 1974), et qu'au-dessus de 0,90 les chevaux sont compacts. On peut ainsi déduire que les classes étudiées se situent parmi les chevaux à tendance lourde.

f. Paramètres se rapportant à la longueur des rayons osseux :

Ces paramètres sont représentés par la longueur de la tête (LTe), la distance séparant les angles internes des yeux (AIY), la longueur de l'encolure (LE), la longueur de l'épaule (LEp), la longueur du bras (LB), la longueur de l'avant-bras

(LAB), la longueur du canon (LC), la longueur de l'ilium (LI) et la longueur de la cuisse (LCe).

Nous remarquons qu'il y a trois paramètres dont les valeurs moyennes chez les classes (1), (2) sont supérieures à celles du PSA et de Barbe, ces paramètres sont :LB, LI, LCe, tandis que pour LAB et LC, les valeurs moyennes trouvées chez les classes étudiées sont inférieures à celles du PSA et de Barbe. Pour La longueur de l'épaule LEP les valeurs moyenne de ces classes sont supérieures à celles du PSA et inférieures à celles du Barbe. En ce qui concerne la classe (3) la valeur moyenne de LEP est proche de celle du Barbe. Alors qu'il y a trois paramètres dont les valeurs moyennes sont supérieures à celles du PSA et de Barbe, ces paramètres sont : LB, LI, LCe, tandis que pour LAB et LC, les valeurs moyennes trouvées chez la classe étudiée est inférieure à celles du PSA et de Barbe (**tableaux 18, 19, 20**). Marcenac rapporte que l'épaule est la plus longue chez le cheval de course, la plus courte chez le trotteur. Le bras est le plus long chez celui de trait, le plus court chez le trotteur. La longueur du bras doit être étendue pour loger des muscles très actifs qui vont actionner l'avant-bras. Elle doit cependant être proportionnée à celle de l'épaule et rester courte par rapport à celle-ci afin d'éviter que le cheval « rase le tapis » dans ses foulées (**Marcenac L.N.et Aubert H, 1974**)

C. Comparaison des mensurations moyennes des chevaux

étudiés entre les régions de Tlemcen, Oran, Saida, Naama :

S'il on compare les résultats de la région de Tlemcen avec ceux de la région d'Oran pour le cheval de fantasia (**tableau 26**).

Tableau 26 : Comparaison des mensurations moyennes du cheval Barbe entre la région de Tlemcen et celle d'Oran.

Paramètres (mensurations et indices)	Moyenne Tlemcen (n =67)	Moyenne Oran (n = 5)	Signification (P < 0,05)
Hauteur (cm)			
au garrot	155.791	155.600	NS
à la croupe	155.164	153.000	NS
Longueur (cm)			
Totale	162.866	162.200	NS
scapulo-iliaque	115.881	115.000	NS
de la tête	48.000	47.000	NS
entre les angles internes des yeux	16.791	15.800	NS
de l'encolure	74.836	77.200	NS
de l'épaule	53.313	53.800	NS
du bras	34.567	36.000	NS
de l'avant-bras	32.030	29.600	NS
du canon	14.149	11.000	NS
de l'ilium	49.090	48.600	NS
de la cuisse	72.134	75.600	NS
Circonférence (cm)			
de la poitrine	181.463	184.600	NS
de l'avant-bras	55.149	58.000	NS
du genou	32.358	32.600	NS
du boulet	27.985	28.600	NS
du canon antérieur	24.104	20.000	NS
du canon postérieur	22.493	22.600	NS
Indice			
indice corporel de profil (HG/LT)	1.074	0.885	0.04
indice de compacité (PV/HG)	1.975	2.029	NS
indice de corpulence (TP/HG)	0.036	0.035	NS
dactylo-thoracique (TCA/TP)	0.002	0.002	NS
corporel relatif (LT/TP)	0.899	0.879	NS
Hauteur devant derrière (HG/HC)	1.004	1.017	NS
Poids Vif (kg)	453.851	465.674	NS

Nous remarquons qu'il n'y a pas une différence entre les deux populations étudiées. Sur les 26 paramètres étudiés., Il y a un seul paramètre calculé qui représente une différenciation significative qui est l'indice corporel de profil (HG/LT). Il en ressort principalement que les chevaux de fantasia élevés dans la région de

Tlemcen et Oran ont presque la même morphologie. On peut expliquer ça par l'effet du type d'élevage qui sont similaire dans les deux régions et cela est dû à leur proximité l'une de l'autre dans le nord-ouest de l'Algérie. Ceci fait que les effets de la sélection donc similaire et on conduit a cette situation.

Si l'on compare les résultats de la région de Tlemcen avec ceux de la région de Saida (**Tableau 27**).

Tableau 27 : Comparaison des mensurations moyennes du cheval Barbe entre la région de Tlemcen et celle de Saida.

Paramètres (mensurations et indices)	Moyenne Tlemcen (n =67)	Moyenne Saida (n = 10)	Signification (P < 0,05)
Hauteur (cm)			
au garrot	155.791	156.800	NS
à la croupe	155.164	154.300	NS
Longueur (cm)			
Totale	162.866	157.600	NS
scapulo-iliaque	115.881	112.000	NS
de la tête	48.000	47.300	NS
entre les angles internes des yeux	16.791	15.300	0.022
de l'encolure	74.836	72.300	NS
de l'épaule	53.313	51.600	NS
du bras	34.567	34.400	NS
de l'avant-bras	32.030	30.600	NS
du canon	14.149	11.800	NS
de l'ilium	49.090	46.500	0.046
de la cuisse	72.134	73.900	NS
Circonférence (cm)			
de la poitrine	181.463	180.700	NS
de l'avant-bras	55.149	58.800	0.023
du genou	32.358	32.700	NS
du boulet	27.985	28.200	NS
du canon antérieur	24.104	20.100	NS
du canon postérieur	22.493	22.300	<0.0001
Indice			
indice corporel de profil (HG/LT)	1.074	0.902	0.021
indice de compacité (PV/HG)	1.975	2.086	0.023
indice de corpulence (TP/HG)	0.036	0.035	NS
dactylo-thoracique (TCA/TP)	0.002	0.002	NS
corporel relatif (LT/TP)	0.899	0.873	NS
Hauteur devant derrière (HG/HC)	1.004	1.017	NS
Poids Vif (kg)	453.851	434.591	NS

Nous remarquerons une différence entre les deux populations étudiées. Sur les 26 paramètres étudiés. Il y a 6 paramètres (2 calculé et 4 mesurable) qui représente une différenciation significative.

En effet, les paramètres pour lesquels les moyennes présentent une différence significative ($P < 0,05$) sont ceux liés à la longueur entre les angles internes des yeux (AIY), la longueur de l'ilium (LI), le tour de l'avant-bras (TAB), l'indice corporel de profil (HG/LT) et l'indice de compacité (PV/HG).

Il y a une différence entre les deux populations qui est très hautement significative ($P < 0,01$ à $P < 0,0001$) pour le caractère lié à la circonférence du canon postérieur (TCP).

Il en ressort principalement que les chevaux étudiés élevés dans la région de Tlemcen ont une tête large et un ilium plus long que les chevaux élevés dans la région de Saida.

Par contre les animaux de la région de Saida ont un avant-bras assez plus musclé par rapport à celui des chevaux de fantasia élevés dans la région de Tlemcen.

Si l'on compare les résultats de la région de Tlemcen avec ceux de la région de Naama (**Tableau 28**).

Tableau 28 : Comparaison des mensurations moyennes du cheval Barbe entre la région de Tlemcen et celle de Naama.

Paramètres (mensurations et indices)	Moyenne Tlemcen (n = 67)	Moyenne Naama (n = 6)	Signification (P < 0,05)
Hauteur (cm)			
au garrot	155.791	153.000	NS
à la croupe	155.164	151.833	NS
Longueur (cm)			
Totale	162.866	158.000	NS
scapulo-iliaque	115.881	108.833	0.022
de la tête	48.000	47.667	NS
entre les angles internes des yeux	16.791	15.333	NS
de l'encolure	74.836	76.833	NS
de l'épaule	53.313	54.167	NS
du bras	34.567	33.500	NS
de l'avant-bras	32.030	30.500	NS
du canon	14.149	11.000	NS
	49.090	49.167	NS

de l'ilium	72.134	73.833	NS
de la cuisse			
Circonférence (cm)			
de la poitrine	181.463	187.000	NS
de l'avant-bras	55.149	59.167	NS
du genou	32.358	32.000	NS
du boulet	27.985	27.333	NS
du canon antérieur	24.104	19.667	NS
du canon postérieur	22.493	22.167	NS
Indice			
indice corporel de profil	1.074	0.888	NS
(HG/LT)	1.975	2.166	0.002
indice de compacité (PV/HG)	0.036	0.037	0.011
indice de corpulence (TP/HG)	0.002	0.002	NS
dactylo-thoracique (TCA/TP)	0.899	0.846	NS
corporel relatif (LT/TP)	1.004	1.008	NS
Hauteur devant derrière	453.851	467.785	NS
(HG/HC)			
Poids Vif (kg)			

Nous remarquerons une différence entre les deux populations étudiées. Sur les 26 paramètres étudiés. Il y a 3 paramètres (2 calculé et 1 mesurable) qui représentent une différenciation significative.

En effet, les paramètres pour lesquels les moyennes présentent une différence significative ($P < 0,05$) sont ceux liés à longueurs scapulo-iliaque (LSH) l'indice de compacité (PV/HG) et l'indice de corpulence (TP/HG). Il en ressort principalement que les chevaux de fantasia élevés dans la région de Tlemcen ont un scapulo-iliaque plus long que les chevaux élevés dans la région de Naama.

D'après les comparaisons des tableaux (26, 27, 28) on peut dire que Ces différences pourraient s'expliquer par l'effet de l'environnement et les conditions particulières de chaque système d'élevage. En effet, la taille et la morphologie du cheval sont différentes selon qu'il se développe depuis des générations dans des régions de plaines littorales ou de montagne, de hauts plateaux ou la limite de régions désertiques du sud ; il est évident que la température et la pluviométrie agissent sur la végétation et que le développement d'un animal est fonction de ce que va être son alimentation au fil des générations (Tamzali, 1989 ; Kadri, 2006). Les spécificités de chaque système d'élevage avec les pressions sélective différentes est aussi en cause de cette situation (Gaouar, 2009).

D. Le test de sphéricité de Bartlett :

Ce test vérifie l'hypothèse nulle selon laquelle toutes les corrélations seraient égales à zéro. On doit donc tenter de rejeter l'hypothèse nulle i.e. que le test doit être significatif (la probabilité d'obtenir la valeur du test doit être plus petite que 0.05). Toutefois le test est très sensible au nombre de cas ; il est presque toujours significatif lorsque le nombre de cas est grand. (Claire. D, 2005) (tableau 29).

Tableau 29 : Test de sphéricité de Bartlett

Test de sphéricité de Bartlett	Khi-carré approx	1523 ,662
	Ddl	210
	Signification	8,03852e -198

D'après le **tableau 29** et **Annex 03**, le résultat du test de sphéricité de Bartlett est significatif ($p < 0,05$). Nous pouvons donc rejeter l'hypothèse nulle voulant que nos données proviennent d'une population pour laquelle la matrice serait une matrice d'identité. Les corrélations ne sont donc pas toutes égales à zéro.

E. Indice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) :

Plus communément appelé le KMO, la mesure de Kaiser-Meyer-Olkin est un indice d'adéquation de la solution factorielle. Il indique jusqu'à quel point l'ensemble de variables retenu est un ensemble cohérent et permet de constituer une ou des mesures adéquates de concepts. Un KMO élevé indique qu'il existe une solution factorielle statistiquement acceptable qui représente les relations entre les variables (Claire. D, 2005).

Tableau 30 : Indice de Kaiser-Meyer-Olkin pour chaque paramètre.

Paramètres de mensurations	Indice de KMO
Hauteur (cm)	
au garrot	0.76
à la croupe	0.77
Longueur (cm)	

Totale	0.66
scapulo-iliaque	0.81
de la tête	0.80
entre les angles internes des yeux	0.74
de l'encolure	0.58
de l'épaule	0.86
du bras	0.67
de l'avant-bras	0.87
du canon	0.73
de l'ilium	0.91
de la cuisse	0.84
Circonférence (cm)	
de la poitrine	0.54
de l'avant-bras	0.88
du genou	0.85
du boulet	0.86
du canon antérieur	0.76
du canon postérieur	0.82
Poids Vif (kg)	0.64
Moyenne globale	0.75

Le tableau 30 et Annex 04 nous présente l'indice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de chaque paramètre mesurable. Nous remarquons que les paramètres pour lesquels l'indice de KMO représentent une valeur maximale (0.9) sont ceux liés aux paramètres : de la longueur de l'épaule (LEP), d'ilium (LI), de l'avant-bras (LAB), de l'avant-bras (TAB), du tour du genou (TG) et du tour du boulet (TB). Il indique qu'il existe une solution factorielle merveilleuse. L'indice de KMO chez les paramètres de la hauteur au garrot (HG), de la hauteur a la croupe (HC), de la longueur scapulo-iliaque (LSH), de la tête (LTE), de la cuisse (LCE), du tour de canon antérieure et postérieure (TCA) et (TCP) est de 0.8 qui présente une solution factorielle méritoire. Pour les paramètres de la longueur totale (LT), de la longueur entre les angles interne des yeux (AIY), de la longueur de canon (LC) et de la longueur du bras (LB), est de 0.7, il existe une solution factorielle moyenne. Tandis que, la valeur de l'indice de KMO chez la longueur de l'encolure (LE) et le poids vif est estimée de 0.6 qui exprime une solution factorielle médiocre. D'autre part, on remarque que la valeur minimale de cet indice (0.5) est représentée pour un seul caractère : le tour de poitrine (TP). Il en ressort qu'il existe une solution factorielle misérable. On peut dire que l'indice KMO de 0,8 peut être qualifié d'excellent ou de

méritoire. Il nous indique que les corrélations entre les items sont de bonne qualité. Un KMO élevé indique qu'il existe une solution factorielle statistiquement acceptable qui représente les relations entre les variables. Une valeur de **KMO** de : (moins de 0.5 est inacceptable, 0.5 est misérable, 0.6 est médiocre, 0.7 est moyenne, 0.8 est méritoire, 0.9 est merveilleuse). Le KMO reflète le rapport entre d'une part les corrélations entre les variables et d'autre part, les corrélations partielles, celles-ci reflétant l'unicité de l'apport de chaque variable (**Claire. D, 2005**).

F. L'analyse en composante principale de la population étudiée (ACP) :

L'analyse en composante principale (ACP) a été réalisée, sur les variables quantitatives étudiées. Le résultat de cette analyse a montré que ces variables ont présentées 50.51% de l'inertie totale sur les deux axes, ce qui est relativement moyen (**Tableau 31**).

Tableau 31 : représentations des Valeurs propres de l'ACP.

	F1	F2
Valeur propre	6,813	3,794
Variabilité (%)	32,441	18,069
% cumulé	32,441	50,508

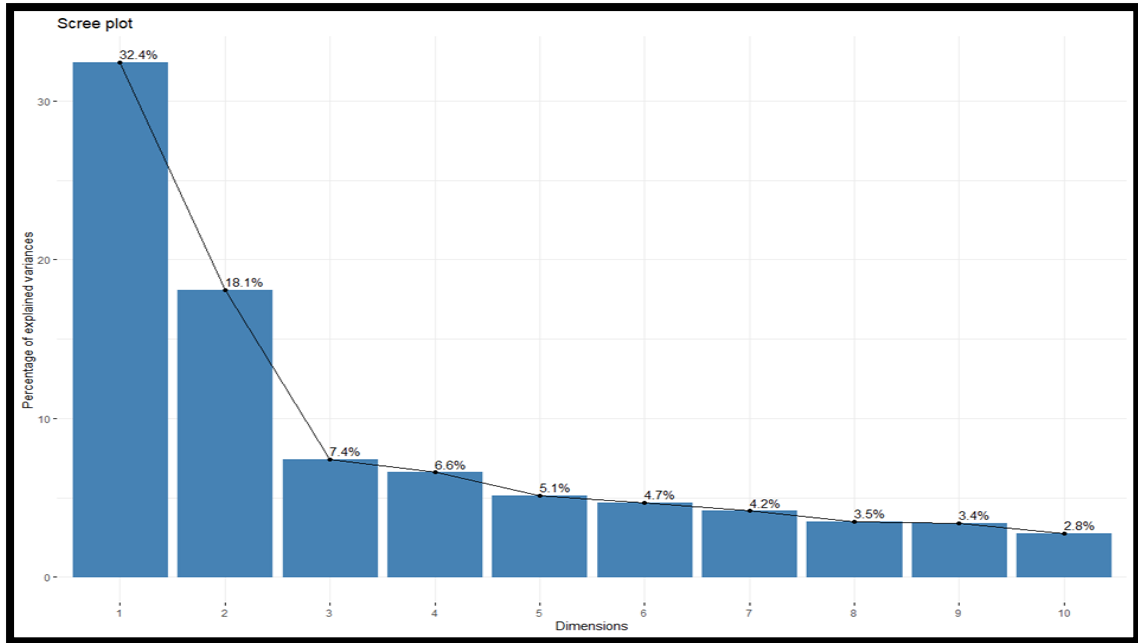


Figure 35: Décomposition de l’inertie totale.

L’inertie des axes factoriels indique d’une part si les variables sont structurées et suggère d’autre part le nombre judicieux de composantes principales à étudier (**Dich. I, 2020**).

Les deux premiers axes de l’analyse expriment 50.51% de l’inertie totale du jeu de données, cela signifie que 50.51% de la variabilité totale du nuage des individus (ou des variables) est représentée dans ce plan. C’est un pourcentage assez important, et le premier plan représente donc convenablement la variabilité contenue dans une grande part du jeu de données actif.

Cette valeur est supérieure à la valeur référence de 32.44%, la variabilité expliquée par ce plan est donc significative (**Annex 05**).

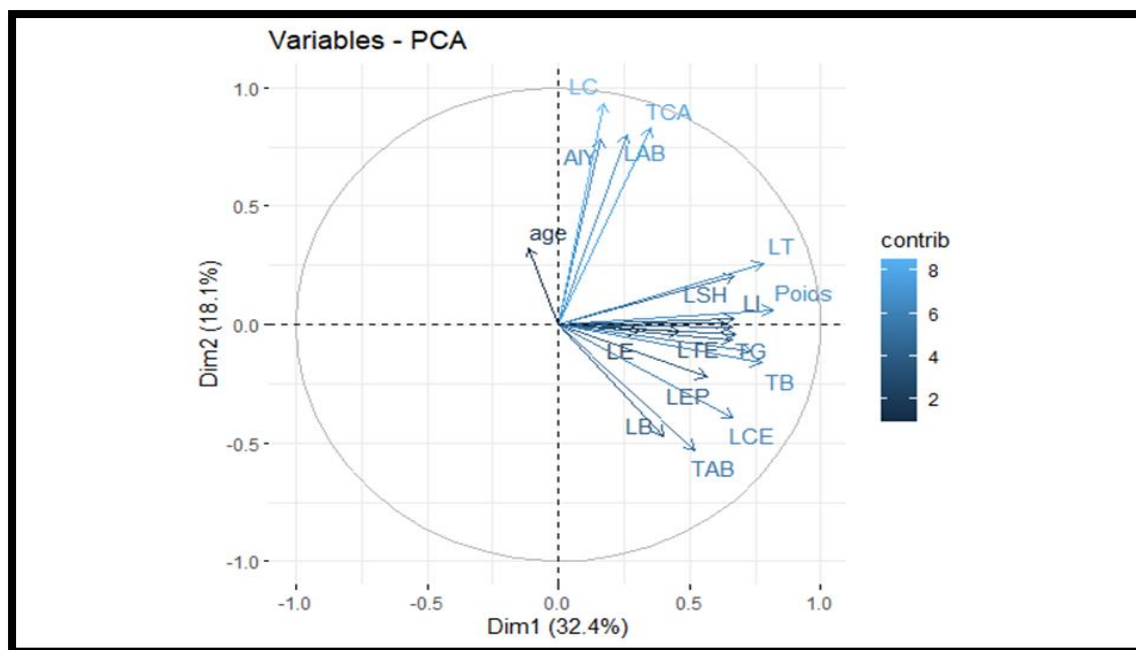


Figure 36: Présentation des mensurations corporelles par ACP chez la population équin de fantasia étudiée.

Tableau 32 : La représentation des paramètres sur le Dim 1 et Dim 2

Paramètre	Corrélation	P-value
Dim 1		
HG	0.672	7.698159e -13
HC	0.640	1.918519e -11
LT	0.781	2.887166e -19
LSH	0.668	1.159362e -12
LTE	0.462	5.816082e -06
LE	0.310	3.272562e -03
LEP	0.567	8.719493e -09
LB	0.402	1.035149e -04
LI	0.668	1.147883e -12
LAB	0.260	1.413293e -02
LCE	0.664	1.732572e -12
TP	0.663	1.9292989e -12
TB	0.774	9.367136e -19
TG	0.737	2.695374e -16
TAB	0.518	2.298993e -07
TCA	0.351	7.913994e -04
TCP	0.662	2.068095e -12
Poids	0.816	3.842282e -22
Dim2		
AIY	0.785	1.423382e -19
LT	0.260	1.454679e -02

LEP	-0.223	3.639289e -02
LB	-0.470	3.974562e -06
LC	0.934	2.949905e -40
LAB	0.803	4.554225e -21
LCE	-0.393	1.532810e -04
TAB	-0.531	1.054521e -07
TCA	0.830	1.547794e -23
Age.	0.324	2.093756e -03

D'après le **tableau 32 (Annex 06)** et l'analyse du cercle de corrélation (**figure 36**), les paramètres de : la hauteur au garrot (HG), hauteur a la croupe (HC), longueur Total (LT), longueur scapulo-iliaque (LSH), longueur de la tête (LTE), longueur de l'enculeur (LE), longueur de l'épaule (LEP), longueur du bras (LB), longueur d'ilium (LI), longueur de l'avant-bras (LAB), longueur de la cuisse (LCE), tour de poitrine (TP), tour du boulet (TB), tour de genou (TG), tour de l'avant-bras (TAB), tour de canon antérieur (TCA), tour de canon postérieur (TCP) et poids vif sont le plus présentables sur le premier axe factoriel (Dim 1) avec une corrélation positive. Par ailleurs, les paramètres de : l'âge, la longueur entre les angles interne les yeux (AIY), la longueur total (LT), la longueur de canon (LC), et le tour de canon antérieur (TCA) sont corrélé positivement avec le deuxième axe factoriel (Dim 2) qui est d'autre part corrélée négativement avec les paramètres suivants : la longueur de l'épaule (LEP), la longueur du bras (LB), la longueur de la cuisse (LCE), la longueur de l'avant-bras (LAB), le tour de l'avant-bras (TAB).

On remarque au niveau de L'ACP de la **figure 36** que les paramètres âge et la longueur de l'encolure (LE) sont interprétable sur le plan statistique car trop proche du centre de l'ACP. Pour le reste des caractères on peut distinguer la formation de quatre groupes (du haut vers le bas) :

- Le premier groupe comprend les paramètres : la longueur du canon (LC) qui présente une corrélation négative avec la longueur de l'épaule (LEP), la longueur du boulet (LB), la longueur de la cuisse (LCE), et le tour de l'avant-bras (TAB) (**D'APRES L'ANNEX 2**). Le paramètre de la longueur entre les angles internes des yeux (AIY) qui est corrélé négativement avec : la hauteur au garrot (HG), la longueur du boulet (LB), la longueur de la cuisse (LCE), le tour du boulet (TB), le tour de l'avant-bras (TAB). Tandis que, le paramètre de la longueur de l'avant-bras (LAB) est corrélé négativement avec : la longueur

de l'épaule (LEP), longueur du boulet (LB), la longueur de la cuisse (LCE) et le tour de l'avant-bras (TAB). Le paramètre du tour de canon antérieur (TCA) présente une corrélation négative avec : la longueur du boulet (LB), la longueur de la cuisse (LCE) et le tour de l'avant-bras (TAB).

- Deuxième groupe et troisième groupe ils sont juxtaposés, mais on peut dire que les paramètres de la longueur total (LT), la longueur scapulo-iliaque (LSH), la longueur de l'ilium (LI), la hauteur à la croupe (HC) et le poids vif (PV) forme le second groupe. D'après l'Annex 2, tous ces paramètres sont corrélés positivement avec les autres.
- En ce qui concerne le troisième groupe. Il est constitué de la hauteur au garrot (HG), la longueur de la tête (LTE), la longueur de l'épaule (LEP), la longueur de la cuisse (LCE), le tour du genou (TG), le tour du boulet (TB), le tour de canon postérieur (TCP), et le tour de la poitrine (TP).
- Le quatrième groupe comprend les paramètres suivants : la longueur du boulet (LB) et le tour de l'avant-bras (TAB).

En effet, la corrélation de ces caractères peut s'expliquer soit par l'influence de gènes, c'est-à-dire que ces caractères sont contrôlés par un certain nombre de gènes en commun soit ces caractères réagissent de la même manière vis-à-vis des conditions environnementales. Pour exclure l'une ou l'autre probabilité il nous faut avoir la situation où la même population évolue dans deux biotopes différents est voir si les corrélations changent, sinon cela signifie que ces caractères corrélés sont contrôlés par un certain nombre de gènes en commun.

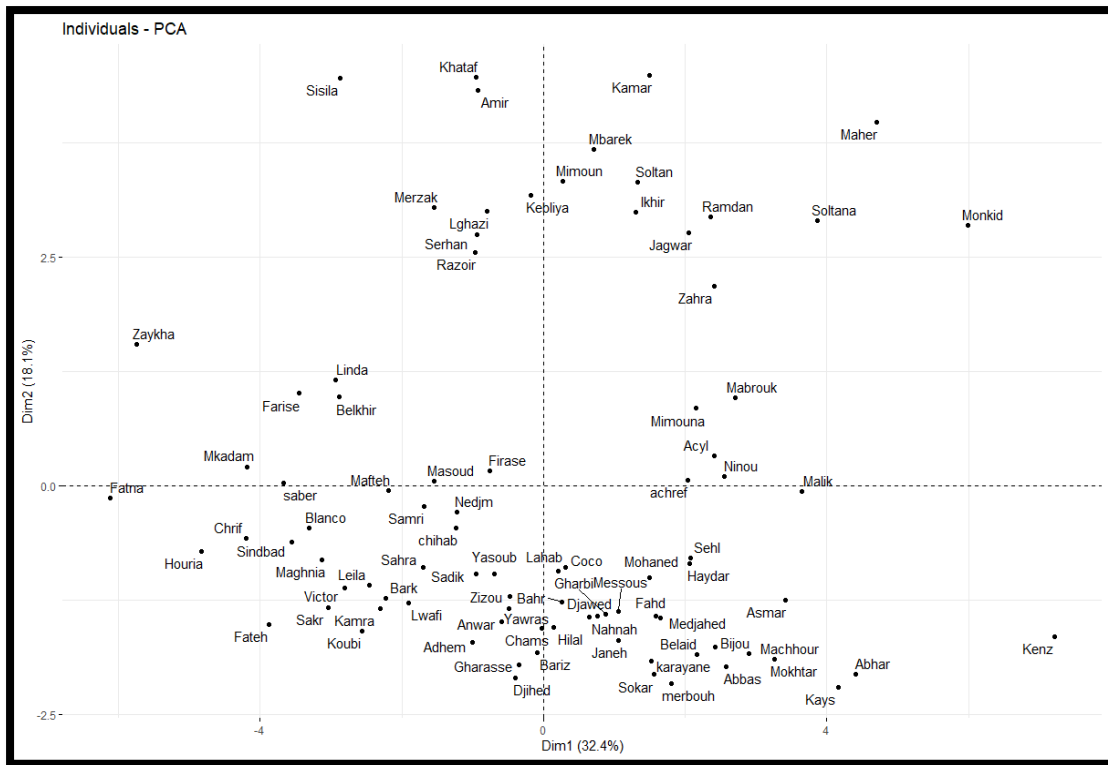


Figure 37: Présentation de la distribution par ACP chez la population équin de fantasia étudiée.

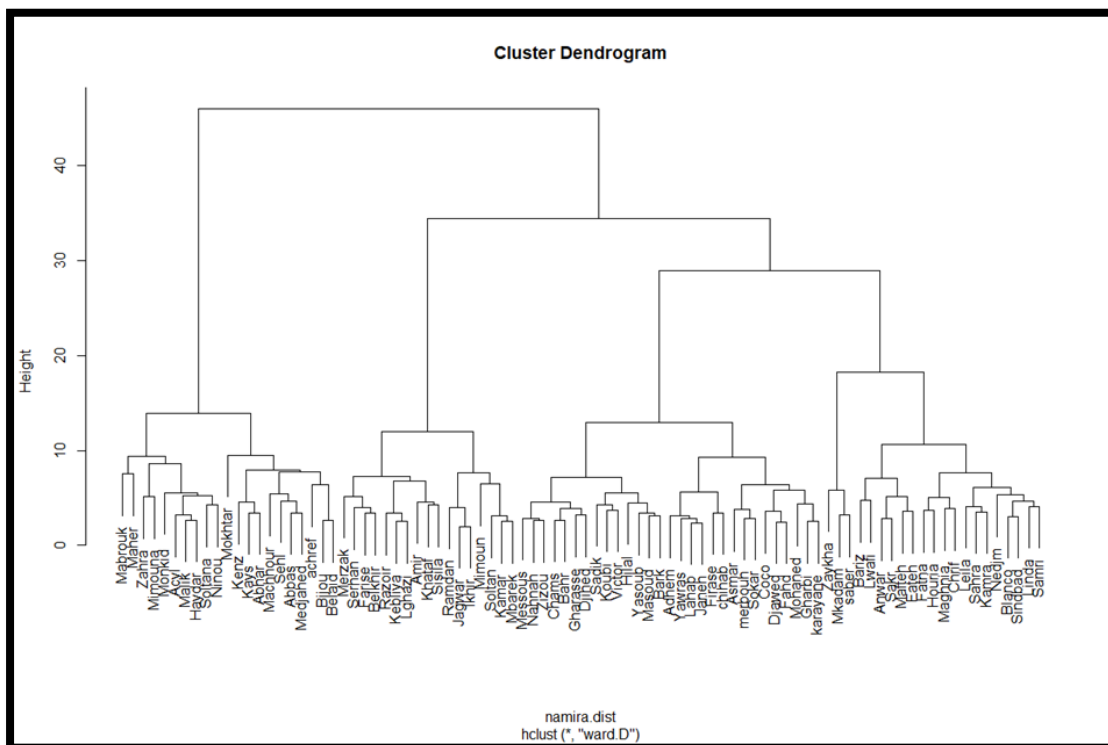


Figure 38 : Classification hiérarchique ascendante (CAH) au niveau de la population étudiée.

La classification ascendante hiérarchique est basée sur la Méthode d'agrégation par distance euclidienne. Le dendrogramme de l'arbre hiérarchique (**figure 38**) nous permet de visualiser 4 grandes classes. On note 21 individus dans la première classe (10 Anglais-Barbe, 8 Barbe et 3 Arabe-Barbe), 17 individus dans la deuxième classe (9 Barbe, 5 Arabe-Barbe et 3 Anglais-Barbe), 29 individus dans la troisième classe (16 Barbe, 9 Arabe-Barbe et 4 Anglais-Barbe) et 21 individus dans la quatrième classe (15 Barbe et 6 Arabe-Barbe). On remarque la présence d'un mélange et chaos notable dans les quatre classes ainsi que la race Barbe est la plus présente.

Il ressort de l'ACP (**Figure 36**) et du CAH (**Figure 38**) que les races étudiées ne présentent aucune structuration en population, selon les données recueillies basé sur la localisation géographique des animaux montre bien la subdivision de notre taxon d'étude en quatre groupes. Ceci est due au fait que l'environnement est donc les pratiques d'élevage au niveau des 4 régions (Tlemcen, Oran, Saida, Naama) se ressemblent.

2.1.3. Comparaison de l'indice de diversité de Shannon et Weaver selon la race et les régions étudiées :

Le tableau 33 nous présente les résultats des indices de la diversité de Shannon ; au sein de chaque race selon les caractères quantitatifs étudiés.

Tableau 33 : comparaison de l'indice de diversité de Shannon et Weaver et de pour les trois races étudiées.

Paramètres (Mensurations et indices)	Indice de Shannon Barbe (n =48)	Indice de Shannon Arabe-Barbe (n =23)	Indice de Shannon Anglais-Barbe (n =17)
Hauteur (cm)			
au garrot	1.03	1.03	1.05
à la croupe	1.04	1.03	1.03
Longueur (cm)			
Totale	1.01	1.04	0.93
scapulo-iliaque	0.84	1.04	1.05
de la tête	1.06	1.06	1.01
entre les angles internes des yeux	1.05	0.99	1.03
de l'encolure	1.05	1.04	1.03
de l'épaule	1.05	1.04	1.06
du bras	1.06	1.02	1.04
de l'avant-bras	1.06	1.04	1.06
du canon	1.04	1.03	1.05
de l'ilium	1.04	1.05	1.01
de la cuisse	1.06	1.05	1.00
Circonférence (cm)			
de la poitrine	1.03	1.04	1.03
de l'avant-bras	1.04	1.05	1.04
du genou	0.99	1.05	1.06
du boulet	1.03	1.02	1.06
du canon antérieur	1.02	1.05	1.05
du canon postérieur	1.03	0.88	1.02
Poids Vif (kg)	1.02	1.03	1.04
Moyenne	1.03	1.03	1.03

La distribution des données des caractères est variable d'une race à une autre. Au niveau de la population Barbe, Il y a 3 paramètres qui représente une valeur maximale de diversité (1.06) pour les caractères : longueur de la tête (LTE), longueur du bras (LB), longueur de l'avant-bras (LAB). Pour la population Arabe-Barbe, la valeur maximale (1.06) est représentée au niveau de caractère qui liée à la longueur de la tête (LTE). Alors que, la population Anglais Barbe a marqué la valeur maximale de diversité (1.06) pour les caractères : la longueur de l'épaule (LEP), la longueur de l'avant-bras (LAB), le tour du genou (TG) et le tour du boulet (TB). Cela veut dire que ces caractères cités sont probablement contrôlés par des

gènes qui n'ont pas un effet important sur l'organisme (possibilité de cumule de mutation au niveau des gènes au cours des générations) (**Benhammedi et Mezouar, 2016**).

Par contre la valeur minimale est marquée chez la race Barbe (0.84) pour le caractère : la longueur scapulo-iliaque (LSH). Chez la race Arabe Barbe, elle est de (0.88) pour le caractère : tour de canon postérieur (TCP) et pour la race Anglais Barbe, elle est de (0.93) pour le caractère lié à la longueur totale (LT). Ces caractères sont probablement contrôlés par des gènes qui ont un effet physiologique important sur l'organisme et l'influence de l'environnement sur l'expression de ce caractère est faible) (**Gaouar, 2009**).

Les autres caractères présentent une diversité qui varie entre 0.99 et 1.05 pour la race Barbe, entre 0.88 et 1.05 pour la race Arabe-Barbe et entre 0.93 et 1.05 pour la race Anglais-Barbe.

La comparaison des valeurs moyennes de cet indice entre les trois populations montre que la différence est très importante. Elle est de 1.03 pour la race Barbe, Arabe Barbe et Anglais Barbe. Cet indice est relativement élevé ce qui est probablement le reflet d'une diversité génétique importante.

Les résultats exprimer dans le tableau 33, nous présente les indices de la diversité de Shannon ; au sein de chaque région selon les caractères quantitatifs étudié.

Tableau 34 : comparaison de l'indice de diversité de Shannon et Weaver pour les quatre régions étudiées.

Paramètres (Mensurations et indices)	Indice de Shannon Tlemcen (n =67)	Indice de Shannon Oran (n =5)	Indice de Shannon Saida (n=10)	Indice de Shannon Naama (n=6)
Hauteur (cm)				
au garrot	1.02	1.06	1.03	0.90
à la croupe	1.04	1.06	1.05	0.96
Longueur (cm)				
Totale	1.03	1.06	1.03	0.96
scapulo-iliaque	1.05	1.01	1.05	0.99
de la tête	1.06	0.97	1.01	1.03
entre les angles internes des yeux	1.02	0.97	0.80	0.86
de l'encolure	1.04	1.06	1.04	1.06
de l'épaule	1.04	0.84	1.02	1.03
du bras	1.05	0.88	1.04	0.76
de l'avant-bras	1.04	0.88	1.02	1.01
du canon	1.04	0.88	0.97	0.92
de l'ilium	1.04	0.39	1.01	1.04
de la cuisse	1.04	1.01	1.01	1.06
Circonférence (cm)				
de la poitrine	1.03	1.01	1.02	1.06
de l'avant-bras	1.04	0.97	1.02	1.04
du genou	1.05	0.39	0.95	0.96
du boulet	1.03	0.84	0.76	1.03
du canon antérieur	1.05	0.70	0.82	0.97
du canon postérieur	1.04	0.71	0.84	0.97
Poids Vif (kg)	1.00	1.06	0.99	0.96
Moyenne	1.00	0.89	0.97	0.98

Sur les 20 paramètres étudiés, la distribution des données des caractères est variable d'une région à une autre. Au niveau de la population de Tlemcen, il y a un seul paramètre : longueur de la tête : (LTE) qui représente une diversité qui a été estimée à 1.06 (valeur maximale). Pour la population d'Oran, les résultats nous montrent que la valeur maximum de diversité est de (1.06) pour les caractères : hauteur au garrot (HG), hauteur à la croupe (HC), longueur totale (LT), longueur de l'encolure (LE) et poids vif. Pour la population de Saida, il y a un seul caractère : longueur scapulo-iliaque (LSH) qui représente une valeur maximale de (1.05). Alors que la

population de Naama a marqué une diversité maximale de (1.06) pour les 3 caractères : longueur de l'encolure (LE), longueur de la cuisse (LCE), et le tour de poitrine (TP). Cela veut dire que ces caractères cités sont probablement contrôlés par des gènes qui n'ont pas un effet important sur l'organisme (possibilité de cumule de mutation au niveau des gènes au cours des générations) (**Gaouar, 2009**).

Par contre la valeur minimale est marquée chez la population de Tlemcen (1.00) pour un seul caractère : poids vif. Pour la population d'Oran, elle est de (0.39) pour les caractères : longueur totale (LT) et tour du genou (TG). Chez la population de Saida, elle est de (0.76) pour le caractère lié au tour de boulet (TB), tandis que la diversité minimale (0.76) marqué chez la population de Naama pour un seul caractère : longueur de boulet (LB). Ces caractères sont probablement contrôlés par des gènes qui ont un effet physiologique important sur l'organisme et l'influence de l'environnement sur l'expression de ce caractère est faible) (**Gaouar, 2009**).

Les autres caractères présentent une diversité qui varie entre 1.02 et 1.05chez la population de Tlemcen, entre 0.70 et 1.01 pour la population d'Oran, entre 0.80 et 1.04 chez la population de Saida et entre 0.86 et 1.04 pour la population de Naama.

Il existe quelques différences pour cet indice concernant la population de Tlemcen, d'Oran, de Saida et de Naama, ce qui est due probablement à l'influence de l'environnement et du système d'élevage sur l'expression de ces caractères.

La comparaison des valeurs moyennes de cet indice entre les quatre régions étudiées montre que la différence n'est très importante. Elle est de 1.00 pour la population de Tlemcen, suivi par la population de Naama pour une valeur moyenne qui est estimé à 0.98, suivi par la population d'Oran pour une valeur moyenne de 0.97. Enfin, on a la population de Saida qui a une valeur moyenne de 0.89. Ces différences peuvent être expliqués soi par la différence du nombre des animaux comparables dans les études, ou par l'effet de l'environnement, les conditions particulières du milieu et les conditions d'élevages citant surtout l'alimentation.

Conclusion et perspectives

Les ressources génétiques animales, aussi bien dans les pays développés que dans les pays en voie de développement, représentent le plus précieux et le plus important élément, d'un point de vue stratégique dans le développement durable. En Algérie, les ressources génétiques équine font partie de notre héritage national et ont une grande valeur économique et socioculturelle. Toutefois, L'information sur la diversité génétique des races équine algériennes est essentielle pour l'établissement des stratégies de conservation, de valorisation et de gestion durable de races équine algériennes.

Durant cette étude nous avons contribué à l'étude morphométrique (20 mesurés et 06 estimés) des races équine de fantasia au niveau de différente région de l'ouest d'Algérie (la wilaya de Tlemcen, d'Oran, de Saida et de Naama). A l'analyse de la diversité des races étudiées (Barbe, Arabe Barbe et Anglais Barbe), à partir de 20 paramètres par le calcul de l'indice de Shannon et Weaver et l'étude comparatif entre les mâles et les femelles. L'étude a été réaliser sur 88 échantillons des races : Barbe, Arabe Barbe et Anglais Barbe qui sont utilisé en fantasia. Les données recueillis on fait l'objet d'une analyse en composante principale ACP afin de connaitre les différentes corrélations qui existe entre les caractères étudiés et d'une classification hiérarchique ascendante des groupes par la fonction CAH, ces analyses statistiques ont été réalisé par le logiciel R version 4.0.1 et le logiciel XLSTAT2022.

On a réalisé une comparaison morphométrique de notre population d'étude avec la race pur-sang anglais, pur-sang arabe et le standard Barbe qui décrit par l'OMCB ainsi qu'une comparaison avec d'autres races rapportées par d'autres auteurs.

Il ressort de cette étude qu'on a trois classes qui sont différencient entre eux à partir de différents paramètres morphométriques. D'après la comparaison, on a distingué que les classes (01) et (02) sont proches du race Barbe au niveau des paramètres liées à la taille, la longueur totale (LT), longueur scapulo iliaque (LSH), longueur de l'encolure (LE), le tour de poitrine (TP), le tour de canon antérieur (TCA) et l'indice corporel de profil (HG/LT), mais très différent à celle du PSA et PSAr. Alors que, la classe (03) est proche du Barbe an niveau d'un seul paramètre : tour de poitrine (TP), et différent du PSAr dans le paramètre de la taille et aussi différent avec le PSA dans les paramètres : la longueur totale (LT), la longueur scapulo iliaque (LSH) et la longueur de l'encolure (LE).

L'analyse en composantes principales de notre échantillon montre un regroupement des caractères en 4 classes. Le premier groupe comprend les paramètres : la longueur du canon (LC), la longueur entre les angles internes des yeux (AIY), la longueur de l'avant-bras (LAB), et le tour de canon antérieur (TCA) qui ne présente aucune corrélation avec la longueur du boulet (LB) et le tour de l'avant-bras (TAB) qui constitue le quatrième groupe, par contre les paramètres de la longueur total (LT), la longueur scapulo-iliaque (LSH), la longueur de l'ilium (LI), la hauteur à la croupe (HC) et le poids vif (PV) forme le deuxième groupe et les paramètres de la hauteur au garrot (HG), la longueur de la tête (LTE), la longueur de l'épaule (LEP), la longueur de la cuisse (LCE), le tour du genou (TG), le tour du boulet (TB), le tour de canon postérieur(TCP), et le tour de la poitrine (TP) forme le troisième groupe qui sont juxtaposés l'un par rapport à l'autre. Nous avons observé une corrélation positive entre certains traits étudiés qui peut être expliqué par l'existence d'un certain nombre de gènes en commun dans le contrôle de leurs expressions ou que ces caractères réagissent plus ou moins de la même manière vis-à-vis des facteurs environnementaux.

Les résultats obtenus suite à l'analyse de la diversité entre les quatre régions ont montré que la différence n'est pas très importante. Elle est de 1.00 pour la population de Tlemcen, de 0.89 pour la population d'Oran, de 0.97 pour de Saida et de 0.98 pour la population de Naama, donc il existe un taux élevé de diversité génétique. On peut expliquer ces différences soit par la différence du nombre des animaux comparables dans les différentes études, ou par l'effet de l'environnement, les conditions particulières du milieu et les conditions d'élevages citant ainsi l'alimentation.

Cette étude morphométrique confirme la présence d'un mélange et chaos dans les races équines de fantasia en Algérie. D'autre part et d'après le questionnaire et les analyses statistiques, nous avons remarqué que la race Barbe est la plus présente dans les trois classes. Le cheval Barbe est le plus apte pour le jeu de fantasia, cela est due à ses caractéristiques (la taille moyenne de 1,45m à 1.60m ; une tête forte avec une front large ; l'encolure est puissante, large et bien greffée ; le garrot est assez marqué avec un dos puissant et large ; une croupe avalée est dite en pupitre ; les membres sont larges et les articulations sont épaisses).

Le cheval Barbe est fort et énergique, docile, rustique, calme, endurant, doux, équilibré et courageux. Il est le cheval idéal pour plusieurs activités culturelles comme la fantasia (Niar. N *et al*,2018).

Mais, chaque étude de cette envergure ne peut être parfaite sauf si elle est complétée par une étude moléculaire génétique.

Dans nous perspective, nous envisageons de renforcer notre travail par une étude moléculaire qui sera basé sur l'analyse des marqueurs génétique de type microsatellite en utilisant les techniques innovants de la bioinformatique à partir d'une extraction d'ADN génomique de sang total qui sera réalisée par la technique NaCl « Salting out » au niveau du Laboratoire de Génétique appliquée en Agronomie, écologie et santé publique (GenApAgiE) de l'Université de Tlemcen pour ensuite tester leur qualité, et faire une comparaison entre les analyses obtenus et d'autre séquences nucléiques extrait des bases des données afin d'inférer des informations sur nos séquences à partir des connaissances attachés à une autre.

ANNEXE

Annex 01 : Questionnaire d'échantillonnage

Fiche remplie par :	Wilaya :
Echantillon N° :	Date de prélèvement :
Type de l'institut :	<input type="checkbox"/> Centre d'équestre <input type="checkbox"/> Haras prévit <input type="checkbox"/> Jumentrie

Propriétaire	
Nom et Prénom :	Photo de l'animal :
Date de naissance :	
Type d'éleveur :	

INFORMATION RELATIF A L'ANIMAL :

CHEVAL	Nom :	
	Race :	
	Sexe :	
	Age :	

		Taille :
		Poids :
	Couleur de la robe	
	Forme de tête	
	Résistance aux maladies	
	Vitesse et qualité	
Jument (Mère)	Nom	
	Race	
Etalon (Père)	Nom	
	Race	
Paramètres de reproduction	1- Est-il issu d'une insémination artificiel ou pas ??	
	2- L'âge du premier mis bas ?	
	3- L'âge du premier saille	
	4- Quel est le nombre des naissances?	
	5- Y a-t-il des naissances jumellaires	
	6- Quel est le taux d'avortement ?	

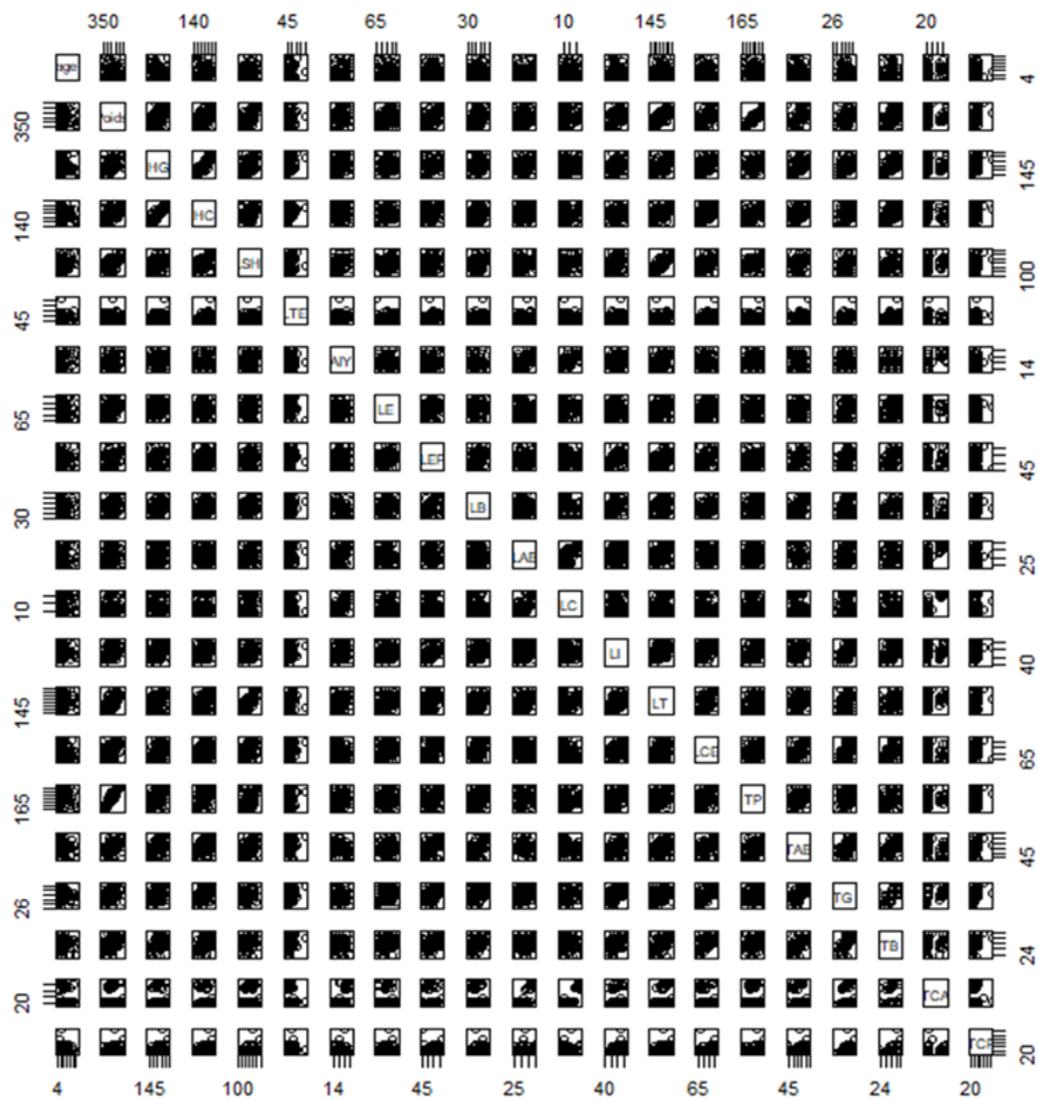
Barbe : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Arabe –barbe : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Pur-sang arabe : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Pur-sang anglais : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Trotteur français : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	

La conduite d'élevage :

- Que représente pour vous la possession d'un cheval :
 - Est-ce que c'est une valeur culturelle ?
 - Est-ce que c'est une puissance ?
 - Est-ce que c'est une revenue monétaire ?
- Quel est l'alimentation de votre cheptel ?
- Quelle sont les maladies fréquentes chez le cheval ?
- Quelles sont les maladies spécifiques à cette région ?
- Quel sont selon vous les problèmes liés à ce type d'élevage ?
- Comment voyez-vous la prise en charge pour son développement ?
- Observation ou remarque.

Annex 02 : Construction de la matrice de corrélation

➤ pairs (base [1 :21])



Annex 03 : Teste de barlette

```
> cortest.bartlett(matrice.corr,n=88)
$chisq
[1] 1523.662

$p.value
[1] 8.03852e-198

$df
[1] 210
```

Annex 04 : Indice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

```
> KMO(matrice.corr)
Kaiser-Meyer-Olkin factor adequacy
Call: KMO(r = matrice.corr)
Overall MSA = 0.75
MSA for each item =
  age Poids  HG  HC  LSH  LTE  AIY  LE  LEP  LB  LAB  LC  LI  LT  LCE  TP  TAB  TG
0.63 0.64 0.76 0.77 0.81 0.80 0.74 0.58 0.86 0.67 0.87 0.73 0.91 0.66 0.84 0.54 0.88 0.85
  TB  TCA  TCP
0.86 0.76 0.82
.
```


Annex 05 : valeur propre

```
>
> valeur.propre<- get_eigenvalue(res.pca)
> valeur.propre
      eigenvalue variance.percent cumulative.variance.percent
Dim.1  6.812210887      32.439099462          32.43910
Dim.2  3.794490421      18.069002003          50.50810
Dim.3  1.554958725       7.404565356          57.91267
Dim.4  1.384819715       6.594379594          64.50705
Dim.5  1.076634461       5.126830765          69.63388
Dim.6  0.987757180       4.703605619          74.33748
Dim.7  0.874349778       4.163570373          78.50105
Dim.8  0.734101349       3.495720707          81.99677
Dim.9  0.716188162       3.410419818          85.40719
Dim.10 0.580716275       2.765315597          88.17251
Dim.11 0.489164295       2.329353786          90.50186
Dim.12 0.396739582       1.889236107          92.39110
Dim.13 0.360195368       1.715216039          94.10632
Dim.14 0.302115431       1.438644910          95.54496
Dim.15 0.276287516       1.315654840          96.86061
Dim.16 0.203342911       0.968299575          97.82891
Dim.17 0.155687569       0.741369377          98.57028
Dim.18 0.130591331       0.621863480          99.19215
Dim.19 0.099922085       0.475819453          99.66797
Dim.20 0.068036838       0.323984943          99.99195
Dim.21 0.001690121       0.008048196          100.00000
```

Annex 06 : les résultats de l'ACP

```
> res.desc$Dim.1
$quanti
      correlation      p.value
Poids  0.8156054 3.842282e-22
LT      0.7809316 2.887166e-19
TB      0.7740207 9.367136e-19
TG      0.7370127 2.695374e-16
HG      0.6719052 7.698159e-13
LI      0.6681356 1.147883e-12
LSH     0.6680410 1.159362e-12
LCE     0.6641933 1.732572e-12
TP      0.6631536 1.929298e-12
TCP     0.6624798 2.068095e-12
HC      0.6399204 1.918519e-11
LEP     0.5665748 8.719493e-09
TAB     0.5183930 2.298993e-07
LTE     0.4621715 5.816082e-06
LB      0.4019915 1.035149e-04
TCA     0.3512782 7.913994e-04
LE      0.3101656 3.272562e-03
LAB     0.2607688 1.413293e-02

attr(,"class")
[1] "condes" "list"
> |
```

```
LC] condés] list
> res.desc$Dim.2
$quanti
      correlation      p.value
LC      0.9341845 2.949905e-40
TCA     0.8301710 1.547794e-23
LAB     0.8034406 4.554225e-21
AIY     0.7849677 1.423382e-19
age     0.3237162 2.093756e-03
LT      0.2597021 1.454679e-02
LEP     -0.2234288 3.639289e-02
LCE     -0.3928237 1.532810e-04
LB      -0.4693399 3.974562e-06
TAB     -0.5305719 1.054521e-07

attr(,"class")
[1] "condes" "list"
> |
```

Références Bibliographiques

- **Ahmed Rayane.** (2015). Parution du livre d'Ahmed Rayane : "Le Barbe dans sa première greteur". Publié le 7 Septembre 2015 par LAGHOUATI.ISBN978-9947-0-4308-0.
- **Ajmone-Marsan P, Valentini A, Cassandro M, Vecchiotti-Antaldi G, Bertoni G, Kuiper MTR.** (1997). AFLP markers for DNA fingerprinting in cattle, *Animal Genetics*, 28, 418- 426.
- **Alimen H.** (1955). Le cheval in : Préhistoire de l'Afrique. Edition Bondé et Cie, Paris. 35–40.
- **Barbault R.,** 1981. Ecologie des populations et des peuplements. Edition Masson, Paris. 200p. Barbe.
- **BARONE P.** (1976). Anatomie comparée des mammifères domestiques, Tome I, Ostéologie. Vigot Frères Editeurs, Paris, France, 428 p.
- **BARONE P.** (1980). Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome II, Arthrologie et myologie, Vigot Frères Editeurs, Paris, France, 984 p.
- **Baumung R., Simianer H. et Hoffmann I.** (2004). Genetic diversity studies in farm animals a survey. *J Anim Breed Genet.*121, 361–373
- **Bautista Salas AM.** (2009). Caractérisation agro-morphologique et moléculaire d'une collection de landraces péruviennes de pigeonpea (*Cajanus cajan* L, Millsp.) pour l'analyse de sa diversité, PhD Thesis, FUNDP, p, 245.
- **Beckman J.S., Weber J.L.** (1992) Survey of human and rat microsatellites. *Genomics*, 12, 627–631.
- **BEN AISSA R. et TAMZALI Y.** (1989). La situation actuelle du cheval Barbe en Algérie, *Maghreb Vét.*, 3, 14, 21-23.
- **BENABDELMOUMENE M.S.** (2003). Races équine (chevaux, mulets, ânes). In : Recueil des Communications « Biodiversité Importante pour l'Agriculture », Tome X, Atelier 3. MATE-GEF/PNUD Projet ALG/97/G31, 62-67.
- **Benhamadi MA, Kamel M, Gaouar SBS.** (2016). Mémoire master. Caractérisation morphométrique de la race équine Barbe dans le Nord-Ouest de l'Algérie.
- **Benhamadi, M 2021.** [Thèses Doctorat]. Caractérisation et nouvelle identification de la race Barbe et Selle Algérien.

- **Berber Naima.** (2016). [Thèses Doctorat]. Constitution d'une biothèque d'ADN équin. Caractérisation génétique des Breeds équines en Algérie par l'étude des microsatellites.
- **Black W.** (1993). PCR with arbitrary primers : approach with care, *Insect Molecular Biology*, 2(1), 1{6).
- **Boichard D, Le Roy P, Levéziel H, Elsen JM.** (1998). Utilisation des marqueurs moléculaires en génétique animale, *INRA Prod, Anim*, 11(1) : 67-80.
- **Botstein D, White RL, Skolnick M, Davis RW.** (1980). Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms, *Am J Hum Genet*, 32(3) :314- 31.
- **BOUJENANE I., TOUATI I., MACHMOUM M.** (2008). Mensurations corporelles des chevaux arabe-barbes au Maroc. *Rev. Méd. Vét.*, 159, 144-149.
- **BOURDAIS L.** (2011) Le poulinage. Horizon Barbe ; la revue trimestrielle du cheval
- **Bowling A. T., Del Valle A., Bowling M.** (2000) A pedigree– based study of mitochondrial D– loop DNA sequence variation among Arabian horses. *Anim. Genet.* 31, 1–7.
- **Bruford MW, Wayne RK.** (1993). Microsatellites and their application to population genetic studies current opinion in *Genetics and Development* 3, 939 – 943, In Moazami – Gondarzi K, (1994).
- **Bucheton P, Murail MA, Thiéblemont C.** (2008). L'“évolution comment ça marche, Editions Bordas- Manuel de l'élève, p : 112.
- **Campanes L.P.** (1983). Early horse domestication and the evolution of human– equine relationships, *Agricultural History Society*.14, 81–113
- **Caroll C.L. et Huntigton P.J.** (1988). Body condition scanning and weight estimation of horses. *Equine Vet. J.*, 20, 1, 41-45.
- **Chabchoub A.** (1998). Le standard du cheval barbe tel qu'il est défini par l'OMCB. *Al Baytari*. 24, 6–7.
- **Chabchoub A., Landolsi F., Jary Y.** (2004). Etude des paramètres morphologiques de chevaux barbes de Tunisie. *Rev. Méd. Vét.*, 155, 31-37.
- **Chaid–Saoudi Y.** (1988). La préhistoire du cheval en Afrique du Nord. *Maghreb vétérinaire*. 3,14, 7

- **Chambers GK, MacAvoy ES.** (2000). Microsatellites : consensus and controversy, Comparative Biochemistry and Physiology, Part B, 126, 455-476
- **Chevaux de Camargue,** mustangs d'Amérique du Nord. Universalis.
- **Claire D.** (2005). L'analyse factorielle et l'analyse de fidélité notes de cours et exemples.
- **Clark, A.G., Hubisz, M.J., Bustamante, C.D., Williamson, S.H. et Nielsen, R.** (2005). Ascertainment bias in studies of human genome wide polymorphism. *Genome Research*, 15 : 1496–1502
- **Cooper DN, Krawczak M, Antonorakis SE.** (1995). The nature and mechanisms of human gene mutation, In : C, Scriver, AL Beaudet, WS Sly, D, Valle (eds), Metabolic and molecular bases of inherited disease, 7th ed, 259-261, McGraw-Hill, New-York
- **Cribiu J.M., Senius C., Cristian L.C., Ono S.** (1998) Chromosomes of the horse, the donkey and the mule. *Chromosoma*. 13, 243–248.
- **DAD-IS.** (2018). Browse by species and country : Algeria, Horse. Accessed in October 2018. Des Haras nationaux, les écuries de bois 61310 LE PIN AU HARAS. Fiche technique.
- **Dich.I,** 2020. [Mémoire Master]. Caractérisation morphométrique des Chamelles de la région d'El Bayadh et étude de la qualité de leurs laits.
- **Eisemann K.L.** (1980) Domestication Features in Animals as Functions of Human Society. *Agricultural History Society*. 29, 137–146.
- **El Beji A.** (1972). Le cheval pur-sang arabe en Tunisie et les courses de chevaux en Tunisie. Thèse Méd. Vét, Alfort, France, 62.
- **Élise Rousseau.** (2014). Tous les chevaux du monde, Delachaux and Niestlé, Septembre 2014.
- **FAO.** (1984). Animal genetic resource conservation by management, databanks and training. *Animal Production and Health Paper*, No. 44/1
- **FAO.** (1992). The management of global animal genetic resources. Proceedings of an Expert Consultation, Rome, Italie. *Animal Production and Health*, No.104
- **FAO.** (2008). L'état des ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde, édité par Barbara Rischkowsky et Dafydd Pilling. Rome. P 3888.

- **FAO.** (2021) Food and Agriculture Organisation. Caractérisation phénotypique des ressources génétiques animales. Directives FAO sur la production et la santé animales FAO 2021.
- **FAO/PNUE.** (2000). Liste mondiale d'alerte pour la diversité des animaux domestique, 3^{ème} édition éditée par B.D. Scherf. Rome.
- **Frankham R.** (2005). Genetics and extinction. *Biological Conservation*. 126, 131–140.
- **Gaudois M.** (1989). Le cheval barbe et ses croisements. In : Recueil de tous les textes officiels sur le cheval barbe, Organisation mondiale du Cheval Barbe. Caracole : Lausanne, 85-93
- **Georges FAFOURNOUX,** Académicien de la Dombes www.academiedeladombes.fr/L-histoire-du-Cheval.
- **HARAS NATIONAUX FRACAIS,** Chevaux de sang : le barbe (2009d). [En ligne] Adresse URL : http://www.harasnationaux.fr/uploads/tx_dlcubehshop/sang_barbe_04.pdf pdf consulté le 01/12/2010.
- **HARAS NATIONAUX FRANÇAIS.** (2006) Les bases de la reproduction, librairie.
- **Haras Nationaux Français.** (2010). Chevaux de sang : le barbe (2009d). [En ligne] Adresse URL : http://www.haras-nationaux.fr/uploads/tx_dlcubehshop/sang_barbe_04.pdf pdf consulté le 01/12/2010.
- **Hartl DL, Clark AG.** (1997). Principles of population genetics, Sinauer Associates, INC Cenderland.
- **HELLOWTEJIOZEM G. C. (2007)** Utilisation des produits biologiques d'origine équine en thérapeutique humaine. Université Cheikh Anta Diop de Dakar – Doctorat d'état en médecine vétérinaire, Sénégal.
- **Hill E. W., Bradley D. G., Al-Barody M., Ertugol O., Splan R.K., Zakharov I et Cunningham E. P.** (2002) History and integrity of thoroughbred dam lines revealed in equine mtDNA variation. *Anim. Genet.* 33, 287–294.
- **HOUP, KA, WILLIS, MB.** (2001). Genetics of Behaviour. In : A. Ruvinsky (Ed.) : The Genetics of the Dog. CABIPublishing, Wallingford-New York, pp. 371-400.

- **J.S. Poliakov en 1881.** Georges FAFOURNOUX, Académicien de la Dombes. www.academiedeladombes.fr/L-histoire-du-Cheval.
- **Jivotovski.** (1985) Génétique, évolution et environnement. Ed. Mir, Moscou, 39 P.
- **Jussiau R., Papet A., Rigal J., Zanchi E.** (2013). Amélioration génétique des animaux d'élevage. Educagri Editions, page 365.
- **Kadri A.** (2006). Le cheval Barbe, cheval du Nord de l'Afrique, son rôle en Algérie. Rev Organism Mond. Cheval Barbe.7, 9–45
- **Karp A, Seberg O, Buiatti M.** (1996). Molecular Techniques in the Assessment of Botanical Diversity, Annals of Botany, 78, 143-149.
- **Kavar T., Brem G., Habe F., Sölkner J. et Dovc P.** (2002) History of Lipizzan horse maternal lines as revealed by mtDNA analysis. Genet. 34, 635–648.
- **Klasset J.** (2006) Le lait de jument. Revue de presse éditée par Lactarium Parallèle Vitale. 2, 5 – 8.
- **Klungland H, Vage DI, Gomez-Raya L, Adalsteinsson S, Lien S.** (1995). The role of melanocyte stimulating hormone (MSH) receptor in bovine coat color determination, Mammalian Genome, 6, 636-639.
- **Kouani. A, El Jamali. S et Talbi. M.** (2007) Analyse en composantes principales, P1.
- **Lagziel A., DeNise S., Hanotte O., Dhara S., Glazko V., Broadhead A., Davoli R., Russo V. et Soller M.** (2000). Geographic and breed distribution of an Msp I PCR–RFLP in bovine growth. Mammalian Genome. 5, 536–539.
- **Legault R.J.** (1977). Contribution à l'étude de la morphologie comparée des chevaux de pursang anglais et trotteurs français. Thèse. Méd.Vét., Alfort, France, 80 p.
- **Lehmann P., Steppan K.** (2000). Cheval dictionnaire historique du monde. CRZ–15RA. 24, 109–116.
- **Levinson G, Gutman GA.** (1987). Molecular Biology and Evolution, 4(3), 203-221.
- **Lucien Montané (1903).** L'extérieur du cheval et l'âge des animaux domestiques, vol. 22 d'Encyclopédie vétérinaire, J - B Bailliére & fils, 528p.
- **Marcenac L.N. et Aubert H.** (1974). Encyclopédie du cheval. 3ème édition Maloine S.A. Editeur, Paris.

- **Marcq J., Lahaye J., Cordieze.** (1951). Extérieur du cheval. Troisième édition. Duculot : Gembloux, 304p.
- **Maurice Roux.** (2006) ALGORITHME DE CLASSIFICATION, Université Paul Cézanne Marseille France, Juin 2006.
- **Ministère Algérien de l’Agriculture,** (2012).
- **Montaldo HH, Meza-Herrera CA.** (1998). Use of molecular markers and major genes in the genetic improvement livestock, Electronic journal of Biotechnology, 1, 1 – 7.
- **Murray G, Munstermann S, Lam K.** (2013) AVANTAGES ET DÉFIS INHÉRENTS AU DÉVELOPPEMENT MONDIAL DES ÉVÉNEMENTS ÉQUESTRES – NOUVELLES NORMES POUR LA POPULATION DES CHEVAUX DE COMPÉTITION ET POUR LES ZONES INDEMNES DE MALADIES DES ÉQUIDÉS DANS LES PAYS.
- **Nei M.** (1987). Molecular evolutionary genetics, Columbia University Press, New York, USA 70 : 3321-3323.
- **Nei M., Roychoudhury A.K.** (1974) Sampling variances of heterozygosity and genetic distance. Genetics. 76, 379–390.
- **Niar. N, Mtidji. R, Benmelha. S** (2018). Mémoire de fin d’étude : Réhabilitation et mise en valeur du haras Chaouchaoua à Tiaret .
- **NICKS B., DELFONTAINE B., CANART B., VANDERBRUGGEN J., VANDENHEEDE M.** (2006) Caractéristiques morphologiques des juments de Trait belge. Ann. Méd. Vét., 150, 247-251.
- **Nielsen D, Steele MR, et al.** (1994). Chromosomal localization of the callipyge gene in sheep (*Ovis aries*) using bovine DNA markers, Proc Natl Acad Sci USA. 91 :3019–3023.
- **Nijman I.J., Otsen M., Verkaar E.L., Ruijter C., Hanekamp E.** (2003) Hybridization of banteng (*Bosjavanicus*) and zebu (*Bosindicus*) revealed by mitochondrial DNA, satellite DNA, AFLP and microsatellites. Heredity. 90, 10–16.
- **Nikolaï Mikhaïlovitch Przewalski 1839-1888.** Georges FAFOURNOUX, Académicien de la Dombes. www.academiedeladombes.fr/L-histoire-du-Cheval.
- **Ollivier L, Chevalet C, Fouley JL.** (2000). Utilisation des marqueurs pour la caractérisation des ressources génétiques, INRA Prod, Anim, numéro hors série «

- Génétique moléculaire : principes et application aux populations animales », 247-252.
- **ONDEEC**, (2005).
 - **ONDEEC**, (2012).
 - **Parker H.G., Kim L.V., Sutter N.B., Carlson S., Lorentzen T.D., Malek T.B., Johnson G.S., De France H.B., Ostrander E.A., Kruglyak L.** (2004) Genetic structure of the purebred domestic dog. *Science*. 304, 1160–1164.
 - **Pauline Agoutin.** (2004), Guide vert : Les chevaux ; Solar ; 2000 ; pg 14-16. Jussiaux M., Trillaud C. ; La reproduction chez le cheval, l'étalon ; Ed André Lesson ; 1977. Les Haras Nationaux ; Gestion de la Jument, guide pratique ; 2001 ; 3ème édition, Paris. Les Haras Nationaux ; Le cheval : technique d'élevage ; 2001 ; 9ème édition, Paris. Les Haras Nationaux Reproduction en liberté chez la jument ; 1999, Paris. Palmer E. ; La reproduction chez le cheval, la jument ; Ed Maloine ; 1978. <http://webetab.acbordeaux.fr/Pedagogie/SVT/Res-Peda/Prog-Lyc/TermS/Procreat/Cheval/Reprod.pdf>.
 - **Rahal K., Guedioura A., Oumouna M.** (2009). Paramètres morpho métriques du cheval barbe de Chaouchaoua. *Rev Méd Vét.* 160, 586–589.
 - **Rege J.E.O.** (1992). Background to ILCA's animal genetic resources characterization project, objectives and agenda for the research planning workshop. Research planning workshop. International Livestock Centre for Africa. Addis Ababa, Ethiopie, 55–59.
 - **Réserves Biologique des Monts d'Azur**
 - **Rognon X., Verrier E.** (2007). Caractérisation et gestion des ressources génétiques. Les outils et méthodes de la génétique pour la caractérisation, le suivi et la gestion de la variabilité génétique des populations animales. UMR INRA/AgroParisTech « Génétique et Diversité Animales », Rabat.
 - **Ronciere A.P.** (1998). Contribution à l'étude du cheval Ariégeois de castillan : Élevage et biométrie. *Thèse Méd. Vét.*, Toulouse, France.
 - **Roux I.** (1987). Le cheval barbe. Destrier de l'antique Libye et de la Conquête musulmane. Sa descendance et son expansion en Amérique, son harnachement. Paris, ISBN 173, 2–7.

- **Salwa S., Abdel L., Soheir W et al.** (2003) Efficacy of IgG, Fab, and F(ab')₂ fragments of horse antivenom in the treatment of local symptoms. *African Journal of Biotechnology*. 2, 189–193.
- **Sam. Y.** (2018). Révision des Équidés (Mammalia, Perissodactyla) du site pléistocène moyen du lac Karâr (Tlemcen, Algérie). *Geodiversitas* 40 (8): 171-182. <https://doi.org/10.5252/geodiversitas2018v40a8>. <http://geodiversitas.com/40/8>.
- **Sevestre et Rosier.** (1991). Dr Jacques Sevestre et Nicole Agathe Rosier (préf. Pierre IJonquères d'Oriola), *Le Cheval*, Larousse, 1991 (1^{re} éd. 1983), 380 p. (ISBN 9782035171184 et 2-03-517118-0).
- **Sevestre et Rossier.** (1983) P. 24.25.66.102.
- **Sibylle Luise Binder, Gabrielle Karcher (2002).** *La vie fascinante des chevaux*, Larousse, (ISBN 2035602890).
- **Spellerberg IF, Fedor PJ.** 2003. A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the ‘Shannon–Wiener’ index. *Global Ecology and Biogeography*. 2003 ; 12 :177–179. Doi : 10.1046/j.1466- 822X.2003.00015.x.
- **Stockwell, G. and Harrington, M.** (2003). The incidental development of L2 proficiency in NS-NNS email interactions. *CALICO Journal* 20 (2), 337–359.
- **Syvanen, A.C.** (2001). Accessing genetic variation genotyping single nucleotide polymorphisms. *Nature Reviews Genetics*, 2: 930–941.
- **Tamzali Y.** (1989). La situation du cheval barbe en Algérie. In : *Recueil de tous les textes officiels sur le cheval barbe*. Organisation mondiale du Cheval Barbe. Caracole Lausanne, 107–115.
- **Verrier E, colleau JJ, Foulley JL.** (1989). Perspectives d’évolution de la variabilité génétique et possibilité de progrès à long terme dans les populations animales sélectionnées, In : Molénat M, et Verrier E, *la gestion des ressources génétiques des espèces animales domestiques*, Ed Lavoisier, 62-70.
- **Vignerón S.B.** (1968) Essai de mise au point sur la place du cheval dans l’Antiquité tardive. *Actes des Journées internationales d’étude*. 12, 15–23.
- **Vos P, Hogers R, Bleeker M, Van De Lee T, Hornes M, Frijters A, Pot J, Peleman J, Kuiper M, Zabeau M.** (1995). AFLP : a new technique for DNA fingerprinting, *Nucleic Acids Research*, 23, 4407-4414.

- **Williams JGK, Kublik AR, Livak KJ, Rafalski JA, Tingey SV.** (1990). DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers, *Nucleic Acids research*, 18, 6531-6535.
- **Wong, G.K., Liu, B., Wang, J., Zhang, Y., Yang, X., Zhang, Z., Meng, Q., Zhou, J., Li, D., Zhang, J.** ; International Chicken.
- **Yang Y. H., Kim K.I., Cothran E.G et Flannery A. R.** (2002) Genetic diversity of Cheju Horses (*Equuscaballus*) determined by using mitochondrial DNA D-loop polymorphism. *Biochem Genet.* 40, 175–186.

تلخيص

في الجزائر، تشكل سلالات خيول الفانتازيا تراثا بيولوجيا وثقافيا وتاريخيا لا يقدر بثمن، وبالتالي يجب الحفاظ عليها وإعادة تأهيله من أجل حماية واستغلال أفضل

إن الافتقار إلى المعرفة بتنوع وخصائص المواد الوراثية للخيول ووجود اختلاط كبير بين السلالات في الجزائر لا يساعد على الحفاظ عليها بصفة فعالة. وفي هذا السياق، جمعنا الدم والشعر بجذوره من أجل المساهمة في إثراء الحمض النووي الوطني للخيول الموجود في مختبر GenApAgiE (جامعة تلمسان). في دراستنا، بدأنا أيضا نهجا مورفومتري لتحديد وتوصيف مجموعات الخيول لدينا. ونتيجة لذلك، أخذنا ستة وعشرين قياسا على كل حصان فانتازيا وهذا على 88 عينة من سلالات مختلفة من أصول مفترضة (أصول غير مؤكدة) تتجاوز كل منها ثلاث سنوات.

لقد أخضعنا هذه القياسات لتحليلات إحصائية باستخدام برنامج R (Facto Miner) V 4.0.1 وXLSTAT2022. هذه المؤشرات المفيدة قادتنا إلى حساب ستة مؤشرات فيزيائية. كما تم استخدام الإحصاءات الوصفية والتحليلية، مما سمح لنا، من بين أمور أخرى، بحساب المتوسطات والانحرافات المعيارية والتصنيف الهرمي التصاعدي (CAH) والتحليل القياسي للمكونات الرئيسية (PSA).

سمحت لنا النتائج التي تم الحصول عليها بتقسيم الخيول التي درسناها إلى ثلاث فئات بما في ذلك سلالة اللحية. كان هذا الأخير هو الأكثر حضورا مما يؤكد من هو الحصان الأكثر ملاءمة للفانتازيا. من ناحية أخرى، لوحظ وجود مزيج ملحوظ بين السلالات الجزائرية.

وأخيرا، لا يمكن أن تكون كل دراسة من هذا النوع مثالية ما لم تكملها دراسة جزيئية، وهذه هي الخطوة التي نأمل أن نتخذها في المستقبل في الجزائر.

الكلمات الرئيسية: الجزائر؛ حصان بارب؛ الفانتازيا؛ والقياسات؛ التحليلات الإحصائية.

Abstract

In Algeria, the equine breeds of fantasia constitute an invaluable biological, cultural and historical heritage, and must therefore be preserved and rehabilitated for better conservation and exploitation.

The lack of knowledge of the diversity and characteristics of equine genetic material and the presence of significant mixing between breeds in Algeria do not help effective preservation. In this context, we collected blood and hair with their roots in order to contribute to the enrichment of the national equine DNA biotheque that exists at the GenApAgiE laboratory (University of Tlemcen). In our study, we also began a morphometric approach to identify and characterize our equine populations. As a result, we took twenty-six measurements on each fantasia horse and this on 88 samples of different breeds of presumed origins (unconfirmed origins) each exceeding three years.

We subjected these measurements to statistical analyses using R (Facto Miner) V 4.0.1 and XLSTAT2022 software. These useful ones led us to calculate six physical indicators. Descriptive and analytical statistics were also used, allowing us, among other things, the calculation of averages, standard deviations, ascending hierarchical classification (CAH) and standard analysis of the main components (PSA).

The results obtained allowed us to divide the horses we studied into three categories including the Barb breed. The latter was the most present which confirms who is the horse most suitable for fantasia. On the other hand, a noticeable mix has been noticed among Algerian breeds.

Finally, each study of this type cannot be perfect unless it is supplemented by a molecular study, this is the step we hope to take in the future in Algeria.

Keywords : Algeria ; Barb horse ; fantasia ; measurements; statistical analyses.

Résumé

En Algérie, les races équine de fantasia constituent un patrimoine biologique, culturel et historique inestimable, doit être de ce fait préserver et réhabiliter pour une meilleure conservation et une meilleure exploitation.

Le manque de connaissance de la diversité et des caractéristiques du matériel génétique équin et la présence d'un brassage important entre les races en Algérie n'aident pas à une préservation efficace. Dans ce contexte, nous avons prélevé du sang et des poils avec leurs racines afin de contribue à l'enrichissement de la bibliothèque national d'ADN équin qui existe au niveau de l'laboratoire GenApAgiE (université de Tlemcen). Nous avons aussi dans notre étude entamé une approche morphométrique pour identifier et caractérise nos populations équines. Nous avons de ce fait pris vingt-six mesures sur chaque cheval de fantasia et ce sur 88 échantillons de différentes races d'origines présumées (origines non confirmées) dépassant chacun trois ans.

Nous avons soumis ces mesures à des analyses statistiques à l'aide de l'logiciel R (Facto Miner) V 4.0.1 et XLSTAT2022. Ces utiles, nous ont conduits au calcul de six indicateurs physiques. Des statistiques de type descriptif et analytique ont également été utilisées, ils nous ont permis, entre autres, le calcul des moyennes, des écarts types, la classification hiérarchique ascendante (CAH) et l'analyse standard des principaux composants (PSA).

Les résultats obtenus, nous ont permis de diviser les chevaux que nous avons étudiés en trois catégories dont la race Barbe. Cette dernière été la plus présente ce qui confirme qui est le cheval le plus apte à la fantasia. D'autre part on a remarqué un mélange notable chez les races algérienne.

Enfin, chaque étude de ce type ne peut être parfaite sauf si elle est complétée d'une étude moléculaire, c'est l'étape que nous espérons faire à l'avenir en Algérie.

Mots clés : Algérie ; cheval Barbe ; fantasia ; mensuration ; analyses statistiques.