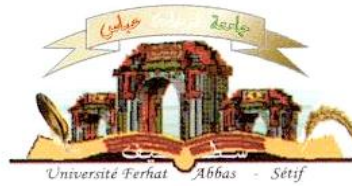


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif 1
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة فرحات عباس، سطيف 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

N°...../SNV/2018

THÈSE

Présentée par

LAMARI Sara

Pour l'obtention du diplôme de

Doctorat en Sciences

Option: Production animale

THÈME

**Prédiction des performances potentielles de la vache laitière à
partir des caractéristiques de la robe et de paramètres biologiques**

Soutenue publiquement le/...../.....

DEVANT LE JURY

Président : **Pr AMIRA Smain**

Pr. UFA Sétif 1

Directeur : **Pr MADANI Toufik**

Pr. UFA Sétif 1

Co-directeur: **Pr ALLOUCHE Lynda**

Pr. UFA Sétif 1

Examineurs: **Pr MEKROUD Abdessalem**

Pr. Univ Constantine 1

Pr BAIRI Abdelmadjid

Pr. Univ Annaba

Dr BOUDALIA Sofiane

MCA. Univ Guelma

Invité: **Pr CHEMMAM Mabrouk**

Pr. Univ Guelma

Laboratoire de Valorisation des Ressources Naturelles Biologiques

PRODUCTION SCIENTIFIQUES EN RELATION AVEC LA THESE

PUBLICATIONS DANS DES REVUES A COMITE DE LECTURE

Lamari S, Madani T and Allouche L. Hair characteristics and cortisol hair analysis as indicators of fertility in dairy cows LRRD, 30 (3) 2018).

COMMUNICATIONS INTERNATIONALES

1. **LAMARI S.**, ALLOUCHE L., MADANI T. Relation entre la fertilité et les caractéristiques du pelage de vaches Montbéliardes en Algérie. Renc. Rech. Ruminants, 2013, 20. <http://www.journnée3r.fr>
2. **LAMARI S.**, MADANI T., ALLOUCHE L. Effet du régime alimentaire sur le taux butyreux du lait de vache en région semi aride .Séminaire International sur les Sciences Alimentaires 14-16 octobre 2014, Constantine.
3. **LAMARI S.**, MADANI T, ALLOUCHE L, BOUAMAMA L. Relation entre la couleur de la robe et les performances de reproduction de vaches Montbéliardes en Algérie. Renc. Rech. Ruminants, 2015,22. <http://www.journnée3r.fr>
4. ALLOUCHE L., MADANI T., **LAMARI S.**, MECHMECHE M. ; BOUCHEMAL A. Effet de la saison sur la fertilité de vaches Montbéliarde élevées en Algérie. Renc. Rech. Ruminants, 2015,22. <http://www.journnée3r.fr>
5. ALLOUCHE L, **LAMARI S.** MECHMECHE M, BOUCHEMAL A. relation de la fréquence des anomalies morphologiques et la qualité de l'acrosome des spermatozoïdes et la fertilité après insémination artificielle. Séminaire International des biotechnologies 19, 20 et 21 Octobre 2015. Constantine.
6. **LAMARI S.**, MADANI T, ALLOUCHE L. Effect of cortisol level and hair characteristics on fertility of dairy cows in Algeria. VIII International Agriculture Symposium "AGROSYM 2017", 5-8 October 2017, Jahorina, Bosnia and Herzegovina. <http://www.agrosym.rs.ba/index.php/en/>
7. MADANI T, ALLOUCHE L, DEBBECHE H. **LAMARI S.** lait local ou reconstitué à base de poudre importée : implications pour les politiques agricoles en Algérie. Symposium « Le Lait, Vecteur de développement » à Rabat, Maroc, les 11 et 12 Mai 2017 : <https://colloque.inra.fr/lait2017>

COMMUNICATIONS NATIONALES

- 1. LAMARI S., MADANI T., ALLOUCHE L.** Relation entre la fertilité et les caractéristiques du poil de la vaches Montbéliarde en milieu semi aride. 1^{ère} journée scientifique à Sétif le 25 Avril 2012.
- 2. LAMARI S., MADANI T., ALLOUCHE L.** Diagnostic de la fertilité en élevage bovin laitier de la région de Bordj Bou Arreridj. 3^{ème} Forum national Agro-Vétérinaire - Tiaret du 13 au 15 Mai 2014.

REMERCIEMENTS

A Monsieur Smain AMIRA

Professeur à l'université Ferhat Abbes, Sétif 1

Qui nous fait le grand honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse,
Qu'il reçoive ici l'expression de ma gratitude et de mes hommages respectueux.

A Monsieur Toufik MADANI

Professeur à l'université Ferhat Abbes, Sétif 1

Qui nous a fait l'honneur d'encadrer ce travail,
Pour ses précieux conseils et son accompagnement tout au long de ces années, ainsi pour le sérieux de son encadrement.
Qu'il trouve ici l'assurance de ma plus profonde reconnaissance.

A Madame Lynda ALLOUCHE

Professeur à l'université Ferhat Abbes, Sétif 1

Pour nous avoir Co-encadreur et soutenu dans la réalisation de ce travail,
Qu'elle veuille bien trouver ici l'expression de notre plus vive gratitude suite aux efforts fournis pour l'acquisition du matériel, réactifs et équipement de laboratoire .
Pour avoir su me donner motivation et ambition quand à la réalisation des analyses dans le laboratoire.

A Monsieur Abdessalem MEKROUD

Professeur à l'institut des sciences vétérinaire de l'université, Constantine 1

Qui nous a fait l'honneur de faire partie de notre jury de thèse,
Pour avoir accepté de juger ce travail,
Qu'il trouve ici l'expression de mes remerciements les plus sincères.

A Monsieur Abdelmadjid BAIRI

Professeur à l'université Badji Mokhtar, Annaba

Pour avoir accepté de juger ce travail et de faire partie de ce jury de thèse.
Sincères remerciements.

A Monsieur Sofiane BOUDALIA

Maitre de conférences à l'université 08 Mai 1945, Guelma

D'avoir accepté d'examiner et d'évaluer consciencieusement ce travail

A Monsieur Mabrouk CHEMMAM

Professeur à l'université 08 Mai 1945, Guelma

Qui nous a fait l'honneur d'accepter l'invitation à notre soutenance

A Madame Mansouri De la Faculté de Médecine d'université Ferhat Abbas

Pour avoir aimablement répondu à toutes mes questions et pour tout ce qu'elle a su me transmettre sur le test ELISA

Aux Eleveurs

Pour avoir bien voulu me recevoir et de m'avoir consacré un peu de leur temps précieux afin de répondre a mes questions et au suivi mensuel.

TABLE DE MATIERE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE 1. PERFORMANCES ET IMPACT DU STRESS THERMIQUE SUR LA REPRODUCTION.....	4
1.1. PERFORMANCES DE REPRODUCTION.....	4
1.1.1. Notion de fertilité et de fécondité.....	4
<i>La fertilité.....</i>	<i>4</i>
<i>La fécondité.....</i>	<i>4</i>
1.1.2. Objectifs standards pour la reproduction des vaches laitières...	5
1.2. IMPACT DU STRESS THERMIQUE SUR LA REPRODUCTION.....	7
1.2.1. Le stress thermique.....	7
1.2.2. Le mécanisme du stress	7
1.2.3. Hormones de stress.....	9
1.2.4. Effets de la température sur la reproduction.....	11
1.2.4.1. Activité ovarienne.....	11
1.2.4.2. Incidence sur la fertilité.....	12
1.2.4.3. Développement embryonnaire: mortalité précoce ou tardive.....	13
1.2.4.4. Gestation, développement fœtal.....	13
1.2.4.5. Conséquences sur la remise à la reproduction.....	13

1.2.4.6. Effet du stress thermique sur la libido.....	14
1.2.4.7. Relation avec la production laitière.....	15
1.2.4.8. Altérations endocriniennes.....	16
1.2.5. Adaptation des animaux à la chaleur.....	16
1.2.5.1. L'évaporation d'eau.....	16
1.2.5.2. Les mécanismes vasculaires.....	17
1.2.5.3 La régulation posturale et comportementale.....	18
CHAPITRE 2: PELAGE ANIMAL.....	19
2.1. STRUCTURE DES POILS.....	19
2.1.1 Constitution d'un poil.....	19
2.1.2 Composition des poils.....	21
2.1.3. Types de poils.....	22
2.1.4. Pigmentation des poils chez les bovins.....	22
2.2. CYCLE PILAIRE.....	23
2.2.1. Différentes phases.....	23
2.2.2. Facteurs de variation.....	24
2.3. L'UTILISATION DE POILS POUR EVALUER LA SITUATION DES ANIMAUX.....	29
2.3.1. Pourquoi les cheveux ?	29
2.3.2. Mécanisme d'incorporation de substances dans les cheveux.....	30
CHAPITRE 3: DEMARCHE METHODOLOGIQUES ET PROTOCOLE DE RECHERCHE.....	32

3.1. Cadre géographique.....	32
3.1.1. Localisation et données générales.....	32
3.1.2. Caractères pédoclimatiques de la région d'étude.....	33
3.1.2.1. Relief.....	33
3.1.2.2. Climat.....	33
3.1.3. Les caractéristiques socio-économiques.....	35
3.1.3.1. La population.....	35
3.1.3.2. Les activités économiques.....	35
3.1.3.3. Les activités agricoles.....	36
3.2. Cadre d'étude.....	37
3.2.1. Animaux.....	38
3.2.2. La description des mesures d'étude du matériel.....	39
3.2.2.1. Détermination des caractéristiques morphologique de la robe.....	39
3.2.2.2. Détermination des paramètres biologiques.....	40
3.3. Analyse statistiques réalisées.....	42
3.3.1. Analyse de la variance.....	42
3.3.2. Analyse non paramétriques.....	43
3.3.3. Analyse des corrélations.....	43
CHAPITRE 4 : PERFORMANCE DE REPRODUCTION ET DE PRODUCTION LAITIÈRE.....	44

4.1. Résumé.....	44
4.2. Introduction.....	44
4.3. Matériel et méthodes.....	45
4.3.1. Animaux du suivi.....	45
4.3.2. Conduite de la reproduction.....	46
4.3.3. Conduite de l' alimentation.....	46
4.3.4. Traite.....	46
4.3.5. Analyses statistiques.....	47
4.4. Résultats.....	47
4.4.1. Performances de reproduction et de production laitière des races étudiés.....	47
4.4.2. Variabilité de performance de reproduction, différences dues au niveau de production de lait, et l'ordre de parité.....	48
4.5. Discussion.....	48
4.6. Conclusion.....	50
4.7. Références.....	50

CHAPITRE 5: LES CARACTERISTIQUES DU PELAGE AFFECTENT LES PERFORMANCES DE REPRODUCTION DES VACHES LAITIERES PENDANT⁵² LA SAISON CHAUDE.

5.1. Résumé.....	52
5.2. Introduction.....	53
5.3. Matériels et méthodes.....	54

5.3.1. Animaux.....	54
5.3.2. Caractéristiques morphologiques du pelage.....	54
5.3.3. Analyses statistiques.....	55
5.4. Résultats et discussion.....	55
5.4.1. Effet de la race et du lieu de naissance sur les caractéristiques des poils.....	55
5.4.2. Effet des caractéristiques des poils sur les performances de reproduction.....	56
5.5. Conclusion.....	60
5.6. References.....	61

CHAPITRE 6 : CARACTERISTIQUES DE PELAGE ET ANALYSE DE CORTISOL DES POILS COMME INDICATEURS DE FERTILITE CHEZ LES VACHES LAITIERES.....64

6.1. Résumé.....	64
6.2. Introduction.....	65
6.3. Matériels et méthodes.....	65
6.3.1. Animaux.....	65
6.3.2.Échantillonnage et caractéristiques morphologiques du pelage	66
6.3.3.Analyse hormonale.....	66
6.3.4. Analyses statistiques.....	67
6.4. Résultats.....	67

6.5. Discussion.....	69
6.6. Conclusion.....	70
6.7. Reconnaissance.....	71
6.8. References.....	71
-CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	74
-REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	76
- ANNEXES.....	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1: Objectifs standards pour la reproduction chez la vache laitière.	5
Tableau 3.1: La production végétale à BBA dans la compagne (2012/2013).	36
Tableau 3.2 : La production animale à BBA dans la compagne (2012 /2013)	37
Tableau 3.3: Appareil de production.....	37
Tableau 4.1 : Variabilité des performances des vaches montbéliarde et fleckvieh.....	47
Tableau 4.2 : Effet de niveau de production laitière, et parité sur les paramètres de reproduction.....	48
Table 5.1: Variability of hair characteristics of imported and locally born cows	56
Table 5.2: variability of hair characteristics of MB and FL breeds.....	56
Table 5.3: Effects of hair coat traits of imported cows on reproductive parameters.....	59
Table 5.4: Effects of hair coat traits of locally born cows on reproductive parameters.....	60
Table 6.1: Summer variability of hair coat characteristics and cortisol concentration for Fleckvieh and Montbéliarde.....	68
Table 6.2: Winter variability of hair coat characteristics and cortisol concentration for Fleckvieh and Montbéliarde.....	68
Table 6.3: Correlation between hair coat characteristics and reproduction parameters in summer and winter.....	69

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Cycle reproducteur annuel théorique chez la vache laitière.....	4
Figure 1.2 : l'axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien. Les influences stimulantes (+) et inhibitrices (-) sont indiquées (Von Holst, 1998).....	10
Figure 1.3: Réponse du système nerveux sympathique au stress (Squires, 2003)...	11
Figure 2.1 : Coupe transversale d'une tige pileuse de poil (Dunnett, 2002).....	19
Figure 2.2 : Schéma d'une coupe transversale d'un follicule pileux (Monteineiro-Riviere, 2006).....	20
Figure 2.3 : Section longitudinale d'un poil (Luelmo-Aguilar et Santandreu, 2004).....	21
Figure 2.4 : Le cycle pileux.....	23
Figure 2.5 : Intervention des Hormones dans le déroulement du cycle pileux.....	29
Figure 3.1 : Carte administrative de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.....	33
Figure 3.2: Moyenne mensuelle de précipitation de la station de BBA (2006-2013).....	34
Figure 3.3: Températures moyenne mensuelle de la station de BBA (2006-2013).	35
Figure 3.4: Localisation la ferme sur la carte de BBA.....	38
Figure 3.5: Estimation de la couleur de la robe.....	39

LISTE D'ABRIVIATIONS

% : Pourcent.

ACTH : Adreno CorticoTropic Hormone

AVP : Arginine-vasopressine

BBA : Bordj Bou Arréridj.

C % : Le pourcentage de la couleur blanche.

C° : Degré celsius.

Cm² : centimètre carré

CRH : Corticotropin-Releasing Hormone

CV : Coefficient de variation

D.P.A.T : Direction de planification et de l'aménagement du territoire.

D.S.A : Direction des Services Agricoles.

Dint : Diamètre interne de poils

DT : Diamètre total de poils.

EAC : Exploitations agricoles collectives

EAI : Exploitations agricoles individuelles

ELISA : Enzyme-linked immunosorbent assay

FL : fleckviehs

GH : Hormone de croissance

GLM : Modèle linéaire général

Ha : Hectare.

HPA : Système l'hypothalamo-hypophyso-corticosurrénal

IA/IF : Nombre d'inséminations par insémination fécondante

IC : Intervalle de vêlage à la conception

ICM : Intervalle entre vêlage et le premier service

IPC : Insémination par conception.

IV-IA1 : Intervalle vêlage-première insémination

IV-IF : Intervalle vêlage-insémination fécondante

IVPS : Intervalle entre Vêlage et la première Saillie.

IVSF : Intervalle Vêlage- Saillie Fécondante.

IV-V : Intervalle vêlage-vêlage

j : Jour.

Kg : Kilogramme.

Km : kilomètre.

L : La longueur des poils.

LSD (least square différence)

M : Mètre.

MB : Montbéliardes

Mg : Milligramme

Min : Minute

ml : Millilitre

mm : Millimètre.

N: Nombre de poils par unité de surface.

ng/ml:Nanogramme par millilitre

pg/mg : Picogramme par milligramme

PLT : Production Laitière Totale.

Qx : Quintaux.

Rpm : Tour par minute

S : Surface.

SAT : Surface agricole total.

SAU : Surface agricole utile.

SC : Surface céréalière.

SI : Surface irrigué.

SPC : le nombre de services par conception,

SPSS:Statistical Programm for Social Science

THI : Temperature Humidity Index

TRIA1 : Taux de réussite en première insémination artificielle

µm : Micromètre.

ملخص

كان الهدف من دراستنا هو دراسة العلاقة بين الكفاءة الإنجابية والإجهاد الحراري في أبقار الحلوبة ، وخاصة عندما تربي الحيوانات في درجات الحرارة العالية والإشعاع الشمسي المكثف. كيف يمكن أن يكون اتجاه الاختيار نحو طبقة تتكيف مع البيئات الدافئة ، استراتيجية لتحسين الوظيفة الإنجابية للأبقار في الجزائر. وبالتالي ، تركز أبحاث هذه الأطروحة موجهة على العلاقة بين الأداء التناسلي ، وخصائص ثوب الأبقار المولودة في الجزائر أو المستوردة من أوروبا وعلاقتها بمستوى الكورتيزول في الشعر لدى 95 بقرة (28 فلاكفي، 67 موبليار) أظهرت النتائج أن الأبقار المستوردة تحتوي على ثوب أكثر بياضا من الأبقار المولودة محليا لسلالة موبليار ، ولكن لوحظ اتجاه معاكس للأبقار فلاكفي. وقد لوحظ التأثير الكبير لقطر الشعر الكلي على المجال من ولادة حتى الحمل للأبقار موبليار المستوردة ، مما يشير إلى تأثير أقل للتوتر الحراري على الكفاءة الإنجابية للأبقار ذات الشعر رقيقة. على الرغم من أن سلالة الأبقار فلاكفي ولدت محليا ، إلا أنها أدت أداءً تناسليًا كبيرًا لجميع المعلمات. في سلالة موبليار ، كان HD مرتبطًا سلبيًا بـ عدد الخدمات للحمل في فصل الشتاء ($r = -0.34$, $p = 0.01$) ، بينما في الصيف ، لم تكن خصائص الغلاف مرتبطة مع جميع معلمات الخصوبة . في أبقار فلاكفي ، ارتبط لون المعطف بـ المجال من ولادة حتى التلقيح الأول و المجال من ولادة حتى الحمل ($r = 0.60$, $p = 0.04$; $r = 0.67$, $p = 0.02$) ، على التوالي) خلال الصيف ومع عدد الخدمات للحمل في فصل الشتاء ($r = 0.86$, $p = 0.01$). لم يلاحظ أي ارتباط بين مستوى الكورتيزول الشعر والخصوبة. يمكن أن تكون الخصائص المراد تحديدها هنا هي: أبقار موبليار بأقطار شعر كبيرة ، وأبقار فلاكفي بطبقة داكنة للحصول على أفضل أداء تكيفي والتكيف. ينتج عن هذا التكيف تعبير عن الأداء التناسلي العالي.

كلمات دالة : الماشية ، شبه الجافة ، التكيف ، خصائص الغطاء(الثوب) ، الكورتيزول ، القدرات

RESUME

Notre étude avait pour but d'étudier une relation entre l'efficacité de la reproduction et le stress thermique chez la vache laitière, particulièrement lorsque les animaux sont élevés dans des conditions de températures élevées et rayonnement solaire intense. Comment, dès lors, minimiser les effets de la contrainte thermique sur la reproduction. L'orientation de la sélection vers un poil adapté aux environnements chauds, pourrait être une stratégie pour améliorer la fonction reproductrice des vaches en Algérie. Par conséquent les investigations de la présente thèse sont orientées sur la relation entre les performances de reproduction, les caractéristiques de la robe des vaches nées en Algérie ou importées d'Europe et leur rapport avec le niveau de cortisol des poils chez 95 vaches (28 Fleckvieh FL et 67 Montbéliarde MB). Les résultats ont montré que les vaches importées avaient un pelage plus blanc que les vaches nées localement pour la race MB, mais une tendance inverse a été observée pour les vaches FL. L'effet significatif du diamètre total des poils a été observé sur l'intervalle de vêlage à la conception (IC) pour les vaches MB importées, suggérant moins d'incidence du stress thermique sur l'efficacité de la reproduction des vaches avec un poil mince. Bien que, pour la race FL, les vaches les plus foncées soient nées localement, elles ont effectué des performances de reproduction significatives pour tous les paramètres.

Chez la race Montbéliarde, le HD était négativement corrélée à la SPC en hiver ($r = -0,34$, $p = 0,01$), alors qu'en été, les caractéristique de pelage ne sont pas corrélés avec tous les paramètres de fertilité. Chez les vaches Fleckvieh, la couleur de la robe était corrélée avec ICS et IC ($r = 0,67$, $p = 0,02$; $r = 0,60$, $p = 0,04$, respectivement) pendant l'été et avec SPC en hiver ($r = 0,86$, $p = 0,01$). Aucune association entre le niveau de cortisol des poils et la fertilité n'a été observée.

Les caractéristiques à sélectionner ici pourraient être: vaches MB avec de larges diamètres de poils, vaches FL avec une robe sombre pour la meilleure performance de reproduction et d'adaptation. Cette adaptation se traduit par l'expression des performances reproductives plus élevées.

MOTS CLES : Bovin, semi aride, adaptation, caractéristiques de la robe, cortisol performances,

ABSTRACT

The aim of our study was to study a relationship between reproductive efficiency and heat stress in dairy cows, particularly when animals are raised under conditions of high temperatures and intense solar radiation. so how can thermal stress affects on reproduction performances. Selection of a hair, adapted to warm environments, could be a strategy to improve the reproductive function of cows in Algeria. The investigations in this thesis aimed to understand the relationship between reproductive performance, the characteristics of the coat of cows born in Algeria or imported from Europe and their relationship to the level of hair cortisol in 95 cows (28 Fleckvieh FL and 67 Montbéliarde MB).

The results showed that the imported cows had a whiter coat than the cows born locally for the MB breed, but an opposite trend was observed for the FL cows. The significant effect of total hair diameter was observed on the design calving interval (IC) for imported MB cows, suggesting less impact of heat stress on the reproductive efficiency of cows with a thin hair. Although, for the FL breed, the darkest cows were born locally, they performed significant reproductive performance for all parameters.

In the Montbéliarde breed, HD was negatively correlated with SPC in winter ($r = -0.34$, $p = 0.01$), whereas in summer, the coat characteristics were not correlated with all fertility parameters. In Fleckvieh cows, coat color was correlated with ICS and IC ($r = 0.67$, $p = 0.02$; $r = 0.60$, $p = 0.04$, respectively) during the summer and with SPC in winter ($r = 0.86$, $p = 0.01$). No association between the level of hair cortisol and fertility was observed.

The characteristics to select here could be: MB cows with large hair diameters, FL cows with a dark coat for the best reproductive and adaptation performance. This adaptation results in the expression of higher reproductive performance.

KEYWORDS: Cattle, semi arid, adaptation, coat characteristics, cortisol, performances,

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

En Algérie, les différentes politiques agricoles adoptées depuis l'indépendance ont eu pour objectifs primordiaux l'amélioration de la sécurité alimentaire à travers le développement de la production agricole et la contribution à l'amélioration des conditions de vie et de travail en milieu rural (Mouffok, 2013). Le secteur de l'élevage bovin laitier joue un rôle important dans la production de lait et de viande. Pour améliorer la production laitière, l'Etat encourage l'importation de génisses à haut potentiel génétique par des aides. Par ailleurs, devant l'augmentation du prix des viandes comparées aux prix du lait, les éleveurs laitiers préfèrent élever des races plus adaptées à la rigueur du climat et un mode de conduite moins intensif, comme la Montbéliarde que d'élever des vaches de race laitière spécialisée de haut potentiel laitier comme la Holstein par exemple. Malgré les importations d'un effectif élevé de bovin laitier (Boujenane et Aïssa, 2008), la couverture des besoins en lait est loin d'être assurée en raison du manque d'appropriation par les éleveurs, de l'outil et de l'organisation de l'amélioration génétique pour une maîtrise des performances de reproduction. D'autre part, une adaptation insuffisante des races laitières transférées vers les conditions d'élevage méditerranéen est généralement avancée comme principale explication à la productivité limitée des animaux. La capacité des vaches laitières à se reproduire dans des conditions climatiques chaudes présente un avantage majeur pour la rentabilité de l'élevage bovin laitier. Les performances de reproduction chez les vaches laitières sont affectées par le climat chaud pendant la saison estivale (Al-Katanani et al., 1999, Berman, 2005, Ferreira et al., 2011). La diminution du taux de conception pendant la saison chaude peut se situer entre 20% et 30% par rapport à la saison d'hiver (De Rensis, 2002).

L'exploitation de bovin importé dans les conditions des hautes plaines semi-arides de l'Est algérien, exigent de l'animal qu'il soit capable de dissiper l'excès de chaleur à travers la peau et les surfaces respiratoires. Les caractéristiques du pelage, associées à la capacité de transpiration, affectent le transfert de l'énergie thermique de la peau vers l'atmosphère par convection, évaporation et rayonnement et, par conséquent, le contrôle de la température corporelle (DaSilva, 1999). Mais, le potentiel de production sous contrainte thermique est variable entre les races et même entre les individus d'une même race (Aggarwal et Upadhyay, 2012). Les propriétés protectrices dépendent non seulement de la couleur du

pelage mais aussi des caractéristiques morphologiques des poils (épaisseur, nombre de poils par unité de surface, diamètre des poils, longueur des poils), qui permettent d'échanger de la chaleur avec l'environnement (Bertipaglia et al, 2005). Si, dans des environnements chauds et stressants, les robes de couleur blanche reflètent une plus grande proportion de rayonnement solaire que les robes sombres (Finch, 1986; DaSilva et al., 2003; Maia et al., 2005), des poils courts et fins améliorent la chaleur et la conductance de la vapeur d'eau en région tropicale (Gebremedhin et al., 1997). Selon Maia et al. (2009), le follicule pileux blanc avait une conductivité thermique plus efficace que les poils noirs. La quantité de chaleur radiante absorbée par le pelage de l'animal est en partie déterminée par la couleur, et les caractéristiques des poils.

Si la lumière de la partie infra-rouge invisible du rayonnement solaire est complètement absorbée indépendamment de la couleur du pelage, la partie visible du rayonnement est par contre absorbée par le pelage des animaux en fonction de sa couleur (Walsberg., 1983). La pénétration du pelage par les rayons solaires est fonction non seulement de la couleur mais aussi de la structure de la robe (Hutchinson et Brown, 1969).

L'association entre les caractéristiques des poils et la fertilité des vaches lors de fortes fluctuations thermiques saisonnières stressantes n'a pas été bien démontrée plus particulièrement dans la région subtropicale. En outre, peu d'attention a été accordée à la relation entre les caractéristiques du pelage et les marqueurs de la réponse au stress thermique chez les animaux. Le cortisol est l'un des principaux médiateurs de la réponse au stress chez les animaux, produit par l'activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HHS), et lors d'un événement stressant.

Par conséquent, le progrès génétique vers un poil, adapté aux environnements chauds pourrait être une stratégie pour améliorer la fonction de reproduction des vaches en Algérie. L'objectif du présent travail était de comparer les effets des caractères de poils des vaches laitières et des niveaux de cortisol de poils pendant les saisons d'été et d'hiver sur la fertilité des races les plus élevées de la région semi aride (Montbéliarde et Fleckvieh).

Nous posons la question suivante : lorsque les bovins issus des régions tempérées telles que les pays européens, sont transférés vers les régions subtropicales plus chaudes, des problèmes d'adaptation surviennent et s'expriment par des changements dans l'axe HHS (axe du stress) et des changements dans les niveaux de performances et les rapports entre

fonctions physiologiques essentielles, à savoir la reproduction et la production laitière. Cependant, peu d'études ont rapporté des relations entre les caractères de pelage et la fertilité des vaches laitières importées, et l'association entre le lieu de naissance, les caractères des poils et les performances de reproduction.

Notre travail est articulé en trois grandes parties : la première vise à comprendre la relation entre performance de reproduction et production laitières, ensuite analyser les effets des caractéristiques du pelage sur les performances de reproduction des vaches laitières pendant la saison chaude, et en fin d'étudier la relation entre les caractéristiques de pelage et la concentration du cortisol dans les poils comme indicateurs de fertilité chez les vaches laitières. Dans la première partie est appuyée sur l'effet de niveau de production du lait sur certain paramètre reproductif de deux races. L'objectif visé était comparer les performances de reproduction et le niveau de production laitière des vaches Fleckvieh et Montbéliardes élevées dans un même élevage en zone semi aride sous stress thermique.

La deuxième partie vise à examiner l'association entre les performances de reproduction des vaches importées et locales de deux races laitières et les caractéristiques du pelage en été, qui coïncide avec la période la plus chaude en Algérie.

La troisième partie est consacrée aux performances reproductives de l'animal, aspects biologique (hormone). L'objectif visé d'étudié la relation entre les caractéristiques du pelage, le niveau de cortisol des poils et la reproduction des vaches Fleckvieh et Montbéliarde pendant deux saisons, chaudes (été) et froides (hiver).

La conclusion ainsi produite représente une synthèse et une discussion de l'intégration de l'ensemble des niveaux d'analyse étudiés dans les chapitres de la présente thèse.

CHAPITRE 1

PERFORMANCES ET IMPACT DU STRESS THERMIQUE SUR LA PRODUCTION

CHAPITRE 1. PERFORMANCES ET IMPACT DU STRESS THERMIQUE SUR LA REPRODUCTION

1.1. PERFORMANCES DE REPRODUCTION

1.1.1. Notion de fertilité et de fécondité

La fertilité en élevage laitier est l'aptitude de l'animal de concevoir et maintenir une gestation si l'insémination a eu lieu au bon moment par rapport à l'ovulation (Darwash et al. 1997) C'est aussi le nombre d'inséminations nécessaires à l'obtention d'une gestation (Hanzen, 1994).

La fécondité, elle, détermine l'aptitude d'une femelle à mener à terme une gestation, dans des délais requis. La fécondité regroupe donc la fertilité, le développement embryonnaire et fœtal, la mise bas et la survie du nouveau-né. Elle ajoute à la fertilité un paramètre de durée donc c'est une notion économique (Derivaux et Ectors., 1986).

La fécondité est plus couramment exprimée par l'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante (Hanzen, 1994). Elle représente un facteur essentiel de rentabilité, et l'optimum économique en élevage bovin est d'obtenir un veau par vache par an, ce qui signifie que l'intervalle mise bas - nouvelle fécondation ne devrait dépasser 90 jours à 100 jours (Derivaux et Ectors., 1986) (figure1.1).

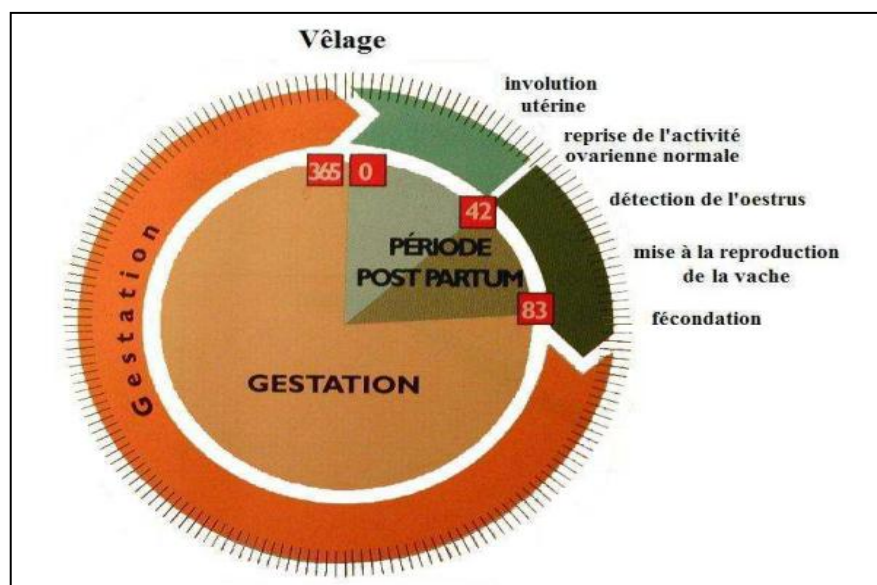


Figure 1.1 : Cycle reproducteur annuel théorique chez la vache laitière

Les paramètres de fertilité les plus habituellement utilisés sont : le nombre d'inséminations par insémination fécondante (IA/IF), le taux de réussite en première insémination artificielle (TRIA1) et le pourcentage de vaches inséminées plus de 2 fois. Pour les paramètres de fécondité, on maintiendra principalement l'intervalle vêlage-vêlage (IV-V), l'intervalle vêlage-première insémination (IV-IA1) et l'intervalle vêlage-insémination fécondante (IV-IF).

1.1.2. Objectifs standards pour la reproduction des vaches laitières

En vue de l'amélioration de la productivité du troupeau, chacun des paramètres de reproduction se voit donner un objectif. L'élevage et la productivité peuvent influencer les objectifs pour la reproduction exprimés dans le tableau suivant (Bosio, 2006):

Tableau 1.1: Objectifs standards pour la reproduction chez la vache laitière

Fertilité	Objectifs
TRI1	> 60 %
% des vaches à 3 inséminations ou plus.	< 15 %
N° d'inséminations nécessaires à la fécondation (IA/IF)	< 1.6
Fécondité	
IV-IA1	70 jours
% vaches à IV-IA1 > 80 jours	<15%
IV-IF	90 jours
% vaches à IV-IF > 110 jours	<15%
IV-V	365 jours

(Vallet et Paccard, 1984).

➤ Intervalle vêlage – insémination fécondante (IV-IF)

Le paramètre IVV s'applique également à ce critère. Généralement, l'insémination fécondante est constatée par le vêlage qui suit, par soustraction de la durée de gestation. En cas de diagnostic de gestation systématique, ou encore en préjugant fécondantes les inséminations non suivies de retour en chaleurs, il est possible d'exprimer l'IV-IF moins tardivement (Bulvestre, 2007).

L'IV-IA1 optimal varie de 65 à 80 jours et dépend de 3 paramètres principaux :

- La reprise de la cyclicité postpartum : La mise à la reproduction des vaches sera meilleure à partir de ce délai (TRIA1 optimal entre le 60^{ème} et le 90^{ème} jour

postpartum).Cependant, 85 à 95 % des vaches étant cyclées à 60 jours postpartum (Disenhaus, 2004 ; Royal et al., 2000)

- La détection de chaleur (l'œstrus) : En principe, quotidiennement trois observations des signes sont indispensables, en dehors de période d'alimentation, ou de traite, ceci afin de pouvoir détecter 80 % des chaleurs.
- La manifestation des chaleurs : très variable, un tiers des vaches ont des chaleurs de moins de 12 heures, et la plupart ont des chaleurs essentiellement voire seulement nocturnes (Bosio, 2006).

Concernant l'**IA1-IF**, La majorité des vaches non fécondées en première insémination doivent avoir un retour en chaleurs régulier (compris entre 18 et 24 jours); les retours entre 36 et 48 jours sont également réguliers, mais signent un défaut de détection ou un repeat-breeding (une vache ou une génisse est dite « repeat-breeder » lorsqu'elle présence d'une activité cyclique régulière et l'absence de toute cause majeure cliniquement repérable mais elle est non gestante après deux, voire trois inséminations artificielles ou naturelles).

Les mortalités embryonnaires tardives sont considérées comme troubles des retours irréguliers (Bosio, 2006).

➤ **Taux de réussite en première insémination (TRIA1)**

En France, il est mesuré a posteriori par le pourcentage de non-retour en chaleurs à 60 et 90 jours. Chez les anglo-saxons, il est évalué par le pourcentage de vaches allant à terme, plus « pessimiste ». Un TRIA1 moyen de 55 à 60 % pour un IV-IF de 80 jours peut être considéré comme satisfaisant.

Le taux de réussite, est assez élevé et relativement stable au cours du temps chez les races Normande et Montbéliarde, tandis qu'il est plus faible et diminue graduellement dans la race Prime Holstein (Boichard et al. 2002 ; Barbat et *al.*, 2005).

1.2. IMPACT DU STRESS THERMIQUE SUR LA REPRODUCTION

1.2.1. Le stress thermique

Le stress peut être thermique, nutritionnel, social, ou découler de désordres physiologiques, pathogènes. Un stress est défini comme un facteur qui porte atteinte à l'environnement satisfaisant mais provoque un l'état d'équilibre homéostatique de l'individu. Les nouvelles conditions du milieu deviennent ainsi pénibles du bien-être animal. (Besnard, 1985).

Une réponse rapide lors d'un danger immédiat ou de variations de forte amplitude est mise en jeu lorsque l'organisme restaure son équilibre ce qui font intervenir les réflexes de système nerveux. S'il s'agit d'un stress peu brutal, d'une situation de malaise, l'axe hypothalamo-hypophysaire intervient. Il y a libération d'ACTH puis de glucocorticoïdes (Piton, 2004).

Dans un premier temps, la réponse au stress est non spécifique, par la libération de substances d'origine surrénalienne. la mesure de ces substance permet de quantifier les effets du stress (Besnard, 1985). Des troubles organiques est observer tel que les altérations métaboliques, l'involution thymo-lymphatique, les ulcères gastriques,... Dans des cas de stress prolongé conduit à l'épuisement, la maladie et la mort de l'animal. Néanmoins, le stress permet aussi la survie de l'animal et son adaptation (Piton, 2004).

L'animal se trouve dans un état de stress thermique lorsqu'il dépasse les possibilités adaptatives de la thermorégulation. Son potentiel productif et reproductif est altéré malgré que son corps tende à rétablir l'équilibre thermique.

Le stress thermique dû à la chaleur est remarqué par des rayonnements solaires directs ou indirects, des mouvements d'air réduits et une humidité relative élevée (Piton, 2004).

1.2.2. Le mécanisme du stress

Les premières études sur le mécanisme du stress ont été menées à partir de Cannon et Selye, dans la première moitié du siècle dernier. Ils ont proposé deux différents types de réactions aux facteurs de stress: «"Fight or Flight"» du Cannon, et " Syndrome d'adaptation générale" du Selye (Caslini, 2012)

➤ La réaction "Fight or Flight" est médiée par l'activation du système sympatho-adréno-médullaire (SAS), avec libération ultérieure des hormones catécholamines:

norépinéphrine des nerfs périphériques et l'épinéphrine de la médullosurrénale (Reeder et Kramer, 2005).

Cette réponse est généralement rapide mais brève et détermine :

- i) Augmentation de la fréquence cardiaque et de la ventilation pulmonaire;
- ii) Vasoconstriction dans la peau et les viscères;
- iii) Vasodilatation dans les muscles squelettiques et le coeur;
- iv) Diminution du temps de coagulation, pour réduire la perte de sang consécutive à la blessure;
- v) Activation des processus cataboliques pour fournir de l'énergie faire face à des demandes accrues du système cardio-vasculaire, les muscles squelettiques et le cerveau.

➤ Le «syndrome d'adaptation générale» de Selye comporte trois étapes:

i) **Réaction d'alarme:** le système l'hypothalamo-hypophyso-corticosurrénal (HPA) est activé, avec libération de corticostéroïdes. Si le facteur de stress est trop fort à ce stade, la mort peut en résulter en quelques heures; mais, si le facteur de stress n'est pas si fort et il est assez bref, l'organisme récupère rapidement son original Etat. Selon McEwen et Wingfield (2003), il correspond à l'état allostatique: cet état peut être maintenu pendant des périodes limitées si l'apport alimentaire et / ou stocké l'énergie (réserves de graisse) peut alimenter les mécanismes homéostatiques; si déséquilibre se poursuit pendant de plus longues périodes et devient indépendant du maintien de réserves d'énergie adéquates, des symptômes de surcharge allostatique apparaissent alors (McEwen et Wingfield, 2003).

ii) **Stade de résistance:** l'organisme s'adapte au stress, en changeant son état physiologique. Dans cette étape, l'activité du cortex surrénalien est particulièrement importante la glande agrandit sa taille pour augmenter la production des hormones.

iii) **Stade d'épuisement:** si le facteur de stress est particulièrement fort ou prolongés, les mécanismes d'adaptation échouent, déterminant état pathologique (ulcération gastro-entérique; dépression; problèmes de reproduction), jusqu'à la mort de l'organisme. Selon McEwen et Wingfield (2003), il correspond à la surcharge allostatique. Le résultat cumulatif d'un état allostatique est une charge allostatique (c'est-à-dire les procédures qu'un

organisme met en œuvre pour obtenir nourriture et survivre et de l'énergie pour des besoins supplémentaires, comme la migration, mue, reproduction); si des charges supplémentaires de imprévisible événements dans l'environnement (par exemple maladie, perturbation, interactions sociales) intervenir, l'allostatique la charge augmente et devient une surcharge allostatique. Selye pensait que tout facteur de stress pourrait activer une réponse aspécifique, mais quelques années plus tard, ils ont souligné l'importance de composants psychologiques des facteurs de stress dans la détermination de différents modèles de réponse. Les facteurs de stress spécifiques peut produire différentes réponses neuroendocrines, soit entre ou au sein d'espèces différentes, en fonction de la perception individuelle des facteurs de stress et sa capacité à s'en échapper (Seligman, 1975).

1.2.3. Hormones de stress

➤ Glucocorticoïdes

Les glucocorticoïdes sont produits par le cortex surrénalien en raison de stimulation de l'hormone adrénocorticotrope (ACTH), c'est-à-dire sécrétée par le lobe antérieur de la glande pituitaire (adénohypophyse) le stimulus de l'hormone hypothalamique Corticotropin-Releasing Hormone (CRH) (figure 1.2).

L'arginine-vasopressine (AVP) a un très petit secretagogue ACTH activité en soi. Un effet de rétroaction négative sur la sécrétion de CRH, AVP et ACTH est exercé par les glucocorticoïdes, inhibant également le centre suprahypothalamique contrôlant l'activité de l'axe HPA. Cette rétroaction est nécessaire pour limiter l'exposition des tissus glucocorticoïdes lipogéniques, cataboliques, anti-procréation et effets immunosuppresseurs (Simpson et Waterman, 1995; Charmandari et al., 2004).

Les principaux glucocorticoïdes sont **le cortisol** et **la corticostérone**. Ces hormones sont produites en différentes proportions dans différentes espèces: **le cortisol** est prédominant chez l'homme, le bétail, le mouton, le chien et le porc; **corticostérone** chez les oiseaux, le lapin et les rongeurs.

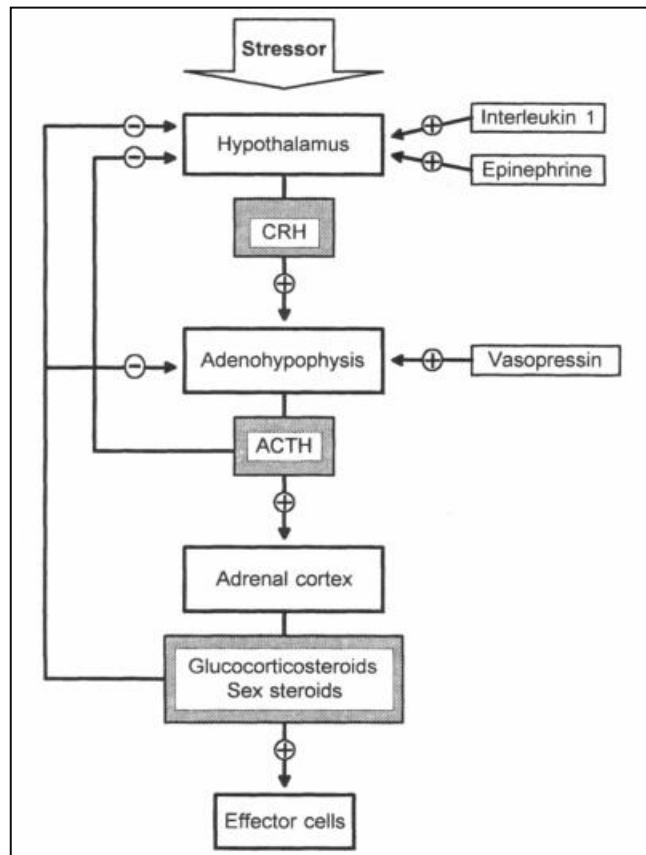


Figure 1.2 : l'axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien. Les influences stimulantes (+) et inhibitrices (-) sont indiquées (Von Holst, 1998).

➤ Hormones de catécholamine

Lorsque le système sympatho-adréno-médullaire (SAS) est activé, les catécholamines sont libérés et des effets importants peuvent être enregistré sur le métabolisme: en particulier, la norépinéphrine-noradrénaline est libérée des fibres nerveuses de la région du locus coeruleus (LUC-NE) dans le tronc cérébral et adrénaline-adrénaline provenant de la médullosurrénale (figure 1.3). La concentration plasmatique de catécholamines s'améliore rapidement secondes après l'action de l'agent de stress, en raison d'un mécanisme, alors que leur demi-vie est inférieure à une minute (Squires, 2003).

En conséquence de la production de catécholamines, une série de processus physiologiques est activé, pour augmenter l'énergie disponible et réactivité de l'organisme (figure 1.2) (Squires, 2003):

- i) Le stockage du glucose est inhibé et la libération de glucose du foie est activé: hyperglycémie;

- ii) Le stockage des acides gras est inhibé et la libération des acides gras du foie et des tissus adipeux sont activés : d'acides gras non-estérifiés (AGNE);
- iii) La synthèse de la protéine est inhibée et la libération des acides aminés des muscles sont activés;
- iv) améliorer l'activité respiratoire;
- v) contraction splénique;
- vi) Les effets directs sur le système cardio-vasculaire: inotrope effet, vasoconstriction périphérique, hypertension artérielle, augmentation du flux sanguin vers le cerveau, le cœur et les muscles squelettiques;
- vii) Suppression des processus anabolisants: croissance, reproduction, et les fonctions immunitaires.

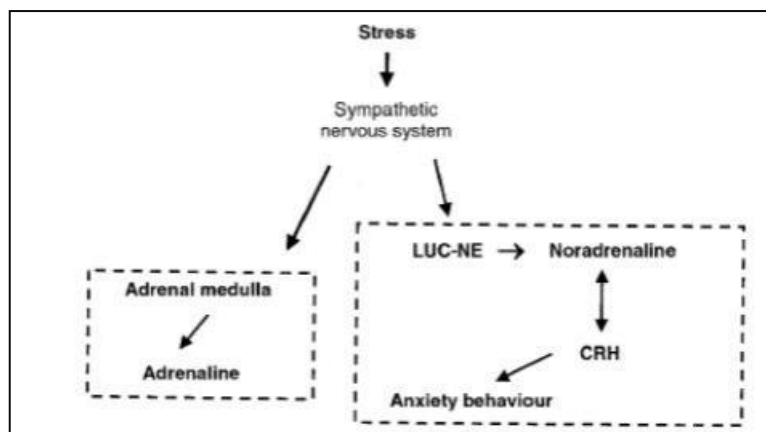


Figure 1.3: Réponse du système nerveux sympathique au stress (Squires, 2003).

1.2.4. Effets de la température sur la reproduction

1.2.4.1. Activité ovarienne

Les effets immédiats du stress thermique sur la concentration plasmatique en FSH et inhibine et leurs implications dans le domaine de la dynamique folliculaire ont étudié Roth et al. (2000). Ils ont évalué l'impact immédiat et retardé d'une augmentation de température sur la dynamique folliculaire.

Cependant, Wolfenson et al. (1997), effectuant des recherches sur la concentration hormonale du fluide folliculaire et la production stéroïdienne par les cellules de la thèque

ou de la granulosa, placèrent en évidence une diminution de la capacité de biosynthèse de ces cellules.

Chez des femelles placées à l'ombre, les follicules dominants récoltés sont plus gros (16,4 mm contre 14,5 pour les vaches témoins) et contiennent plus de liquide folliculaire (1,9 ml contre 1,1 ml). En revanche, les vaches soumises à de fortes températures possèdent des follicules de taille moyenne sont plus gros (10,1 mm contre 7,9 mm) et présentent plus de fluide (0,4 ml contre 0,2 ml). Les animaux stressés thermiquement engendrent un défaut de synthèse du liquide folliculaire et de sélection folliculaire (Badinga et al. 1993).

La variabilité de la dominance du follicule dominant, les modifications de répartition et les altérations de la stéroïdogénèse, l'ensemble des auteurs associe ces variations, par rapport au schéma physiologique, à une baisse de la fertilité constatée.

La dominance folliculaire altérée par le stress thermique permet le développement d'autres follicules et accroît ainsi le nombre de naissances gémellaires (De Rensis et Scaramuzzi, 2003).

Des chaleurs réduites en intensité et en durée ou à la manifestation d'un œstrus et des ovulations "silencieuses" découlent de stress thermique. Plusieurs études (Gwazdauskas et al., 1975 ; Tucker, 1982) ont montré une baisse de l'intensité et de la durée de l'œstrus lors de températures supérieures à 25-30°C. Parallèlement, Tucker (1982) rapporte un allongement de la durée du cycle jusqu'à 25 jours.

1.2.4.2. Incidence sur la fertilité

Ravagnolo et Misztal (2002) examinèrent la relation existant entre les performances reproductrices et le stress thermique par le biais de deux paramètres: le taux non retour en chaleur à 45 jours (NR45) et le THI (Temperature Humidity Index). Ainsi, ils ont constaté que le THI le jour de l'insémination a l'impact le plus important sur le NR45. Enfin, un index THI élevé 5 jours après l'insémination revêtait également une certaine importance.

Un stress thermique constitue le principal facteur qui conduit à une forte dépression de la fertilité on comparent avec d'autres facteurs tel que : la localisation des troupeaux, la production laitière, ... la baisse du taux de conception est une constante, comme le prouve l'étude d' AL-Katanani et al. (1999). Le taux de non retour en chaleur à 90

jours de vaches ayant connu des températures supérieures 20°C 10 jours avant l'insémination était plus faible que celui de celles soumises à moins de 20°C en moyenne. Cela a été constaté pour des troupeaux localisés en Georgie, au nord et au sud de la Floride, dans des conditions de vie et de production distinctes.

1.2.4.3. Développement embryonnaire: mortalité précoce ou tardive

Chez des vaches en hyperthermie, les faibles concentrations en O₂ n'éliminaient pas les effets négatifs constatés lors de développement embryonnaire. Les effets négatifs n'étaient pas dus à des changements de pH comme une résultante de la réduction de la solubilité du CO₂ à des hautes températures (Rivera et Hansen, 2001). Les difficultés de thermorégulation rencontrées par la vache est l'élévation de la température rectale en cas de stress thermique. Elle s'accompagne d'une augmentation de la température utérine (Maust et al., 1972). Cela est la principale raison de la mortalité embryonnaire précoce (Berthelot et Paccard, 1990).

Le métabolisme de l'embryon et les mécanismes de reconnaissance maternelle sont aussi perturbé par le stress thermique perturbe (Biggers et al., 1987).

1.2.4.4. Gestation, développement fœtal

Les vêlages précoces, l'incidence croissante des rétentions placentaires, les métrites post-partum et la réduction du poids des veaux à la naissance lié à une baisse du niveau d'ingestion causée par le stress thermique Collier et al. (1982b) et du débit sanguin de l'artère utérine.

La diminution de ce flux en fin de gestation a un effet négatif sur les fonctions placentaires, la disponibilité des nutriments, la croissance et la viabilité du fœtus (Faget, 1992, Berthelot et Bergonier, 1995).

1.2.4.5. Conséquences sur la remise à la reproduction

Chez la vache laitière, la progestéronémie post-partum montre que la phase lutéale redémarre $12,4 \pm 1,3$ jours après la gestation. Elle dure en moyenne $10,7 \pm 9$ jours. Le premier œstrus n'est pas détecté jusqu'à $32,3 \pm 4,8$ jours post-vêlage.

Pour Lewis et al. (1984), le stress thermique ne change pas le nombre d'inséminations nécessaire à une gestation et l'intervalle [vêlage-insémination fécondante].

La durée de reprise était influencée par la période post-partum si elle présente ou non d'une complication post-vêlage telle que la rétention placentaire et par la saison de vêlage. Plus de 31,69 jours après la période post-partum pour les vaches souffrant de rétention placentaire ou de métrite. Les femelles, vêlant au cours de la saison chaude, connaissent un intervalle [vêlage-insémination fécondante] supérieur de 24,42 jours. Cependant, la plupart des altérations hormonales enregistrées n'altèrent pas de manière significative le retour de l'animal à la reproduction.

1.2.4.6. Effets du stress thermique sur la libido

Des études menées sur des buffles n'ont montré aucun effet du stress thermique sur la libido (Koonjaenak et al. 2007).

Cependant, d'autres études montrent que le nombre de refus de saut, pouvant s'expliquer par une baisse de libido, augmente durant les mois estivaux pour des zébus de race Sahiwan (Ahmad, Asmat, Rehman 2005). Une baisse de libido est également observée chez les taureaux de race Baoulé (Meyer, 2009).

La température testiculaire élevée entraîne une altération de la qualité de la semence, essentiellement par hypoxie. En effet, l'élévation de la température testiculaire entraîne une augmentation du métabolisme et de la consommation d'oxygène par les cellules, dont les apports sanguins sont limités (Brito et al, 2004).

Chez le bélier, une diminution de 50% de la masse testiculaire est observée 21 jours après une exposition des testicules à 42°C pendant 45 minutes (Setchell et al. 1991; Hochereau-de Reviers et al. 1993). De la même façon, une exposition des béliers à des températures élevées (32°C) pendant 14 jours entraîne une réduction de la masse testiculaire d'environ 70 %. Cette diminution du poids testiculaire (Setchell, 1998) est associée à une réduction du volume des tubes séminifères. Ce phénomène est réversible, mais le retour à la normale est progressif et peut prendre deux mois (Setchell, 1998). Chez les béliers, une disparition des cellules spermatogéniques associée à un développement du tissu interstitiel dont le fonctionnement est altéré, est observée, une dégénérescence des spermatocytes au stade pachytène et des spermatides est observée rapidement après l'exposition à la chaleur (Setchell, 1998).

Différentes études ont évalué l'impact du stress thermique sur les paramètres séminologiques chez des taureaux de races laitières et de races à viande, des zébus et des buffles, dans différentes conditions expérimentales.

Ils ont montré que, la température testiculaire élevée entraîne une diminution de la motilité et une augmentation des anomalies morphologiques des spermatozoïdes. Aussi, la réduction de la concentration de l'éjaculat en spermatozoïdes. La durée du stress thermique détermine l'importance des altérations observées. Elles dépendent également du stade de la spermatogenèse auquel se trouvent les cellules germinales et du délai nécessaire pour que ces spermatozoïdes soient libérés dans la lumière des tubes séminifères et transportés au sein de l'épididyme. En générale, les effets du stress thermique sur la qualité séminologique sont observés deux semaines après son application (Rahman et al. 2011) et se prolongent environ deux mois après (Koivisto et al. 2009).

1.2.4.7. Relation avec la production laitière

La sélection des animaux pour leurs productions laitières a perturbé les performances de reproduction à travers le monde (Mc Dougall, 2006). Elle apparaît comme facteur de risque fort d'une cyclicité anormale (Disenhaus et al. 2002); surtout chez les vaches multipares que chez les primipares (Taylor et al. 2004). En plus, le niveau de production laitière en début de lactation pénalise le taux de réussite à la première insémination chez les multipares (Butler et Smith, 1989 ; Espinasse et al. 1998).

Collier et al. (1982b) voient une relation étroite entre le poids du veau à la naissance et la production laitière. Ils suggèrent que les facteurs associés à la réduction du premier influencent également la variation de la deuxième.

Les dégradations de la sécrétion placentaire d'œstrogènes ont des effets sur la croissance mammaire et la lactation. De même, la réduction de la concentration plasmatique en T_4 durant la gestation altère le métabolisme particulier à l'élaboration du lait (Piton, 2004).

1.2.4.8. Altérations endocriniennes

Le profil endocrinien des animaux est altéré lors de stress thermique. Cela se traduit par la diminution de la sécrétion de GnRH par l'axe hypothalamo-hypophysaire. Celle-ci engage un fonctionnement ovarien anormal (Dobson et al., 2001 ; Wolfenson et al. (1997)) et des modifications hormonales qui diffèrent selon les auteurs. Bien que les mécanismes

impliqués ne soient pas encore bien connus, le cortisol paraîtrait être le lien entre le stress et la baisse d'efficacité reproductive (Smith et Dobson, 2002).

1.2.5. Adaptation des animaux à la chaleur

La diminution de la thermogenèse et l'augmentation de la thermolyse sont les deux moyens de lutte contre le chaud utilisé par l'animal:

La diminution de la thermogenèse se fait rapidement, par restriction du tonus musculaire et de l'activité nerveuse sympathique. Cependant, il existe toujours une thermogenèse de base relative au fonctionnement basal de l'organisme. Paradoxalement, lorsqu'on s'approche de la zone d'hyperthermie, les mécanismes employés pour réduire la température centrale impliquent une augmentation de la thermogenèse. L'augmentation de la thermolyse se fait par déperdition directe de calories par conduction, convection ou rayonnement et par déperdition indirecte (Piton, 2004).

1.2.5.1. L'évaporation d'eau

Si l'humidité de l'air n'est pas trop élevée, l'animal peut lutter le stress par évaporation d'eau. Elle est d'autant plus importante que la température extérieure est élevée. Une certaine énergie est perdue par diffusion passive de vapeur d'eau à travers la peau. Ce phénomène est peu important (Berbigier, 1988).

➤ **La sudation** est élimination de la sueur de façon active. Elle complète le phénomène passif de transpiration et est facilitée par la vasodilatation.

Il existe deux types de glandes sudoripares qui sécrètent la sueur. Les glandes de type *exocrines* de répartition dense et les glandes de type *apocrines*. Leur rôle thermorégulateur est modeste.

Les glandes de type *apocrines* sont les plus retrouvées chez les animaux. Elles sont surtout actives au niveau des flancs, de l'encolure et du pli de l'aîne. Elles sont nombreuses sur la surface corporelle des équidés, des bovins et des petits ruminants (environ 500/cm²). Lors d'efforts prolongés ou de stress thermique, il y a émission d'une quantité importante de sueur avec des pertes d'eau.

Les principaux mécanismes de lutte contre la chaleur sont chez les bovins l'évaporation de la sueur et l'évaporation pulmonaire (Meyer, 2009). Les pelages ras et peu denses favorise

l'évaporation, les tailles d'animaux réduites et les vitesses d'air élevées. Mais les ruminants n'émettent pas assez de sueur pour saturer la surface de leur peau, même en climat tropical humide. Le potentiel de transpiration de l'animal est le seul facteur qui limite l'évaporation cutanée dans cette situation. On évalue la capacité maximale de transpiration à environ 600 g de sueur par m² par heure (Berbigier, 1988a).

➤ **La polypnée thermique** comporte en des mouvements respiratoires rapides et superficiels. Les mouvements pulmonaires sont plus volumineux et la fréquence respiratoire moyenne est augmentée (Meyer, 2009). Il y a vaporisation d'eau par échange d'air et mouvements de convection au niveau de la muqueuse respiratoire. il existe un risque d'alcalose respiratoire en raison d'une évacuation accrue de CO₂. Si cette polypnée est marquée, Elle n'est efficace que si l'hygrométrie ambiante n'est pas totalement saturée. Elle existe mais elle est néanmoins très réduite chez les ruminants à la différence des carnivores domestiques et des suidés (Piton, 2004).

1.2.5.2. Les mécanismes vasculaires

Lors d'un stress thermique, une vasodilatation périphérique cutanée apparaît rapidement et le débit sanguin cutané augmente. Ce phénomène est augmenté par une micro-circulation périphérique favorisée et une fermeture des shunts artério-veineux. Dans des conditions normales, 75% du débit sanguin passe par les shunts et 25% par les capillaires. Dans des conditions favorables à la thermolyse, le phénomène est inversé. De plus, la vasodilatation cutanée permet un retour veineux qui se fait essentiellement par les veines superficielles. Ainsi, on court-circuite les échanges à contre-courant utilisés dans la lutte contre le froid. Tous ces mécanismes ne sont employables et efficaces que si la température extérieure est inférieure à celle du corps. Dans le cas contraire, l'animal emmagasine de la chaleur ; et le seul mécanisme valable est l'évaporation d'eau (Thiebault, 2000).

1.2.5.3. La régulation posturale et comportementale

Parmi les mécanismes passifs, on peut considérer le rôle des phanères qui limitent le transfert de calories du milieu extérieur au milieu intérieur. Piton, 2004 a constaté aussi que la température corporelle et la fréquence cardiaque augmentent plus rapidement avec la température extérieure chez un animal tondu.

La couleur du pelage, fait varier l'absorption en pourcentage de rayonnement solaire. Plus la couleur est claire, plus l'individu est susceptible de gagner des calories si la température du milieu extérieur est faible et d'en gagner si elle est importante.

Les mécanismes internes de l'animal doivent intervenir quand les conditions du milieu extérieur permettent la modification de la température corporelle (Piton ,2004).

CHAPITRE 2

PELAGE DU BOVIN

CHAPITRE 2 : PELAGE DU BOVIN

2.1. STRUCTURE DES POILS

2.1.1. Constitution d'un poil

Le poil est un élément vivant implanté obliquement dans le derme par invagination de l'épiderme. Le follicule pileux est constitué de cellules kératinisées qui produit le poil (Marieb, 1993) Les principales parties du poil sont :

- **La tige**, est composée de l'intérieur vers l'extérieur : la moelle des poils (la médulla), le cortex et la cuticule. (Helal, 2011) (figure 2.1)

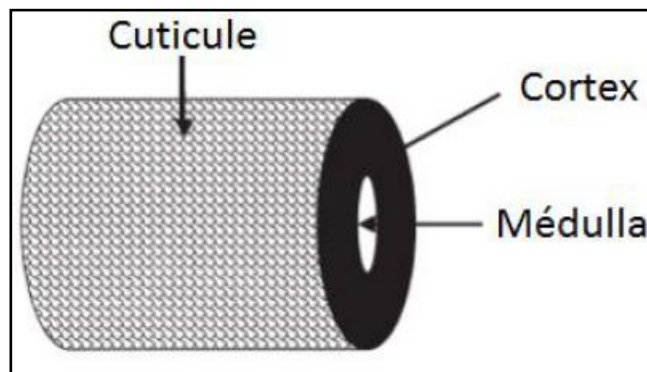


Figure 2.1 : Coupe transversale d'une tige pileuse de poil (Dunnett, 2002)

- **Le follicule pileux**, La partie insérée du poil est comprise dans le follicule pileux (Figure 2.2). C'est une gaine mixte, de nature épithéliale et conjonctive composée de deux couches : *la gaine épithéliale interne et externe*. Les deux strates sont en relation avec le derme par l'intermédiaire d'une membrane basale et d'une gaine fibreuse d'origine dermique (Figure 2.3). Enfin, la base de la gaine dermique est liée à la papille dermique située juste en dessous de la matrice pileuse (Monteineiro-Riviere, 2006 in : Tetu., 2013).
***La gaine épithéliale interne** est composée de plusieurs couches. La couche interne, la cuticule, est constituée des cellules de l'orientation inverse à celle de la cuticule de la tige pileuse. Ce qui facilite l'implantation de la racine pileuse dans le follicule. Au niveau de l'isthme (région s'étendant de l'entrevue de la glande sébacée à l'insertion du muscle arrecteur), elle se kératinise et se décompose pour faire partie du sébum. (Tetu., 2013)

***La gaine épithéliale externe** est constituée avec des cellules pluristratifiées, riche en glycogène. En dessous de l'insertion du muscle pilo-arrecteur, les cellules de cette gaine disparaissent progressivement dans la partie basse du follicule. (Noye.,2013)

***Ces gaines épithéliales** sont recouvertes par : une membrane basale en contact direct avec la gaine épithéliale externe et une gaine fibreuse richement irriguée par des vaisseaux sanguins.

***La papille dermique** composée de tissus conjonctifs richement vascularisés par des plexus vasculaires. Elle est placée juste en dessous de la matrice pileire (d'une couche de cellules épithéliales nucléées à fort pouvoir mitotique). Cette matrice cellulaire donne naissance à la gaine épithéliale interne mais surtout aux cellules qui vont se kératiniser pour former le poil.

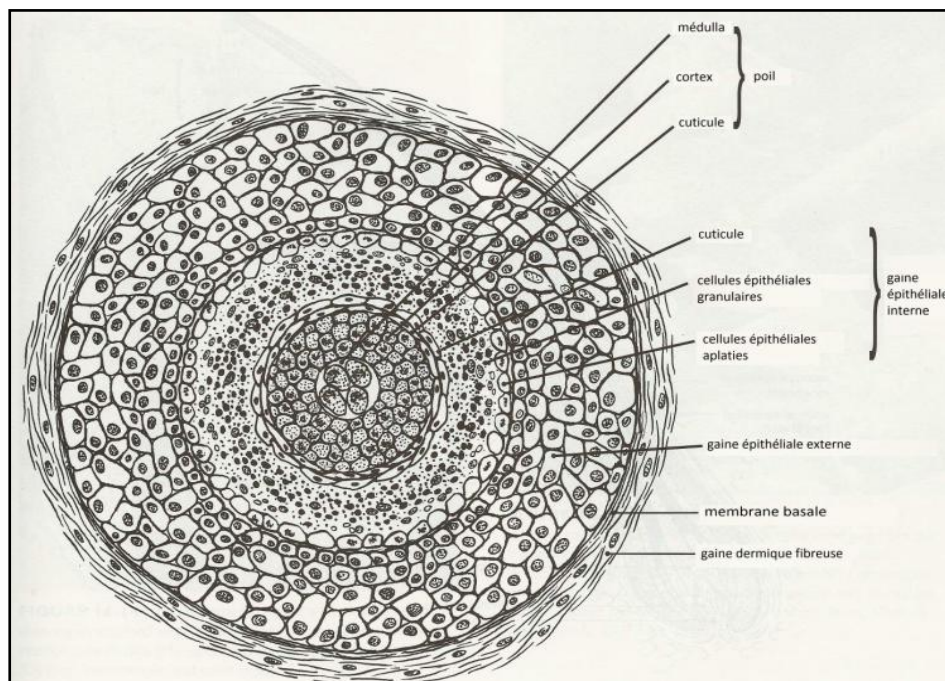


Figure 2.2 : Schéma d'une coupe transversale d'un follicule pileux (Monteineiro-Riviere, 2006)

- **Les annexes** : Le poil est fortement lié au : *glande sébacée et la glande apocrine* (ou sudoripare) : l'ensemble formant l'unité pilo-sébacée ; *muscle arecteur* : dont la contraction, sous l'influence du froid ou d'une émotion, est à l'origine du phénomène de la « chair de poule » comme le montre le schéma ci-dessous figure 2.3. (Tetu., 2013)

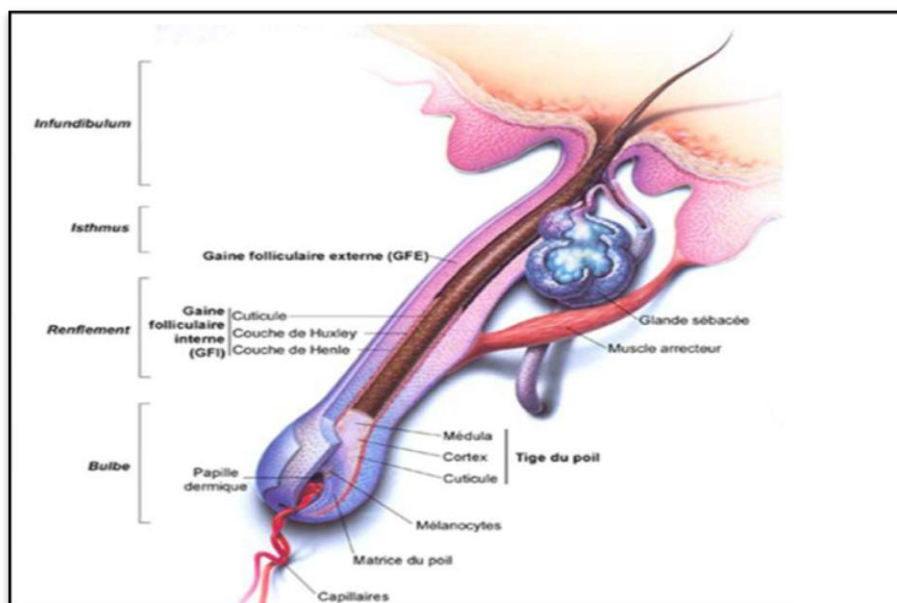


Figure 2.3 : Section longitudinale d'un poil (Luelmo-Aguilar et Santandreu, 2004).

Observée en coupe longitudinale, l'unité pilo-sébacée du follicule se divise en plusieurs parties : *l'infundibulum* (est situé entre l'abouchement du canal sébacé et la surface de la peau), *l'isthmus* (est situé entre l'abouchement du canal sébacé et le point d'insertion du muscle pilo-arrecteur), le renflement où se relie le muscle arrecteur du poil, et le segment inférieur se finissant par le bulbe pileux. (Nizamani .,2008) (figure 6)

2.1.2. Composition des poils

Après avoir détaillé dans les paragraphes précédents la constitution d'un poil, nous allons maintenant nous intéresser à leur composition. Les principaux éléments chimiques qui composent le cheveu sont : la kératine, la mélanine, l'eau et les lipides

- **La kératine :** Une protéine fibreuse, hélicoïdale, rigide, riche en soufre, à la fois très résistante mais aussi très souple. En effet, le cheveu en est constitué à 95%. Cette protéine synthétisée par les kératinocytes au centre du bulbe est insoluble. Elle est riche en acides aminés plus particulièrement en cystine (acide aminé soufré). Son rôle est d'assurer la protection des poils contre les agressions extérieures (chaleur, vent, froid par exemple). De plus, du fait de son insolubilité, elle donne aux poils un caractère imperméable (Bodjolle-D'almeida., 2018).
- **L'eau :** un cheveu sain d'apparence contient en général 17% d'humidité. En dessous de ces proportions en eau, il paraîtra terne et sec. La fibre capillaire non endommagée peut

absorber jusqu'à 30 % de son poids en eau. Pour la protéine de kératine uniquement, cette absorption peut atteindre 40% (Bouhanna.,2004).

- **La mélanine :** les mélanines sont synthétisées par les mélanocytes sous contrôle génétique. Elles remplissent également un rôle de protection en absorbant une partie des rayonnements du soleil. Les mélanines sont des protéines responsables de la coloration de la peau, des yeux et des poils. Cependant, les mélanocytes présents dans le follicule pileux peuvent synthétiser de la mélanine en l'absence de lumière UV (Yebga Hot., 2015).
- **Les lipides :** il existe deux types de lipides : *les lipides constitutifs* qui en représentent 3% et *le sébum* qui est un mélange de molécules lipidiques issues de la glande sébacée annexée aux poils. Les lipides constitutifs sont distincts. D'un côté on retrouve, des lipides remplissant un rôle de barrière hydrophobe à la surface de la cuticule qui sont des stérols, des acides gras et des céramides. Ils sont issus du bulbe pileux. De l'autre, des lipidiques permettent de créer un ciment intercellulaire pour les cellules de la cuticule. Les cheveux contiennent des lipides qui sont pour la grande majorité issus de la glande sébacée. Le sébum produit par cette glande, est déversé dans le canal pilo-sébacé et se répand par capillarité sur toute la longueur de la tige pileuse lorsque la configuration spatiale de celle-ci le permet (Bodjolle-D'almeida., 2018)..

2.1.3. Types de poils

Le pelage et des équins, est simplement composé de follicules simples, uniformément répartis sur la majeure partie de la surface corporelle. En effet, chaque poil de bovin provient d'un follicule pileux différent. Ainsi, chez ces espèces, tout follicule est joint à une glande sébacée, apocrine et un muscle arrecteur (Tetu, 2013).

2.1.4. Pigmentation des poils chez les bovins

Il existe dans nos élevages une grande variété de couleurs de robes, et qui est identifiée et du standard des races. C'est l'élément esthétique le plus apprécié par le propriétaire, qui rend chaque animal unique. La couleur est un caractère génétiquement, mais qui peut subir de petites variations en fonction du milieu.

Les couleurs du pelage sont des caractères définis par d'interaction entre le génotype et les petites variations de milieu, ces couleurs ont un intérêt économique. La couleur de pelage a une influence sur le rendement économique car, certaine couleur assure une bonne adaptation des bovins à des conditions climatiques spécifiques (Nizamani,2008).

La présence de mélanine dans les poils est la source de toutes les couleurs chez les bovins, ainsi que chez les autres mammifères. Les robes des animaux se différencient par leur couleur (noire, rouge, brune...), leur texture (simple ou uniforme, tachetée...).

Deux pigments de mélanine existent: l'eumélanine (responsable de la couleur noire ou marron) et la (responsable de la couleur rouge, jaune ou rousse). Ainsi, les autres couleurs existantes sont le résultat de la modification de ces deux pigments. Au moins 6 gènes autosomes (portés par les chromosomes non sexuels) contrôlent la couleur de la robe des bovins, chacun avec plusieurs allèles, qui ont un effet sur la production et la répartition du pigment (Boujenane, 2011)

2.2. CYCLE PILAIRE

2.2.1. Différentes phases

Le follicule pileux a une activité cyclique au cours desquels chaque poil subit trois phases successives : **anagène** (croissance), **catagène** (régression) et **télogène** (repos) (Fuchs, 2001). Ces trois phases sont illustrées (figure 2.4).

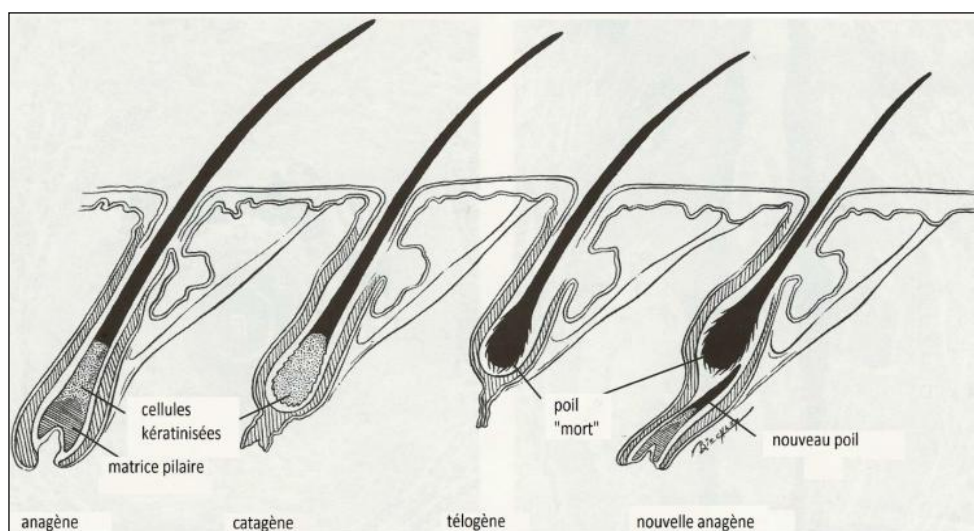


Figure 2.4 : Le cycle pileux (Monteineiro-Riviere, 2006).

La portion inférieure du follicule pileux qui subit le plus de transformations au cours des cycles de croissance.

- **La phase anagène**, ou la phase de croissance, caractérisée par une intense activité mitotique dans le bulbe vascularisé. la gaine folliculaire interne et la tige du poil sont formées par la multiplication et la différenciation des cellules matricielles. La vitesse de

accroissement du poil est d'environ 0,25 à 0,50 mm/jour ; elle varie sous l'effet de plusieurs facteurs, mais diffère peu d'une région à l'autre du corps. En revanche, la longueur moyenne des poils est très variable selon la région du corps, elle est aussi influencée par la durée de la phase de croissance. (Stenn et Paus, 2001)

- **La phase catagène**, Elle correspond à un arrêt de la croissance et à un début de régression du bulbe pileux et qui dure environ deux semaines (Noye, 2013).
- **La phase télogène (repos)**, période où la croissance stoppe totalement et le follicule s'atrophie et elle dure environ trois mois (Stenn et Paus, 2001). Suite à la phase de repos, l'activité mitotique reprend au niveau de la matrice pileuse. Le nouveau poil pousse au fur et à mesure que le poil du cycle précédent est poussé vers la surface cutanée provoquant à terme sa chute (Tetu, 2013).

2.2.2. Facteurs de variation

La vitesse de croissance du poil diffère peu d'une région à l'autre du corps, mais varie en fonction de nombreux facteurs. En revanche, la durée de la phase anagène, constitue un facteur déterminant la longueur moyenne des poils dans une zone déterminée, est très variable selon la région du corps. (Nizamani, 2008).

L'épithélium folliculaire peut être stimulée ou au contraire inhibée (Scott et al., 1995)

2.2.2.1. Variations individuelles

La durée relative des phases varie en fonction de la race et du type de pelage. L'animal, génétiquement déterminé, connaît son propre rythme pileux (Scott et al, 1995).

Les cycles pileux, au nombre de deux par an, sont sous contrôle génétique, mais le facteur d'expression de ce contrôle est l'environnement.

La saison froide représente la période où la vitesse de croissance des poils est la plus forte. Au printemps, la chute dure plusieurs semaines et commence par les poils longs et raides pendant quelque jour, les autres ne tombent qu'ensuite. Cependant, il existe de grandes variations individuelles (Helal, 2011). Aussi, chez les bovins Braford dans les régions tempérées du Brésil le pelage change au cours de l'année. Au printemps, les poils d'hiver tombent et sont remplacés par des poils plus épais (Dasilva et al., 1988 et Dasilva, 2000). Cela donne une nouvelle dimension à la variabilité. L'espèce est aussi un élément très important. Le chat ne présente pas de mue marquée mais un remplacement progressif du pelage, contrairement

au chien (Deniau,2002). Une telle réduction est une réponse adaptative de la population au nouvel environnement et dans de nombreux cas est associée à une capacité de sudation accrue.

La qualité du pelage est influencée de façon directe ou indirecte par de nombreux nutriments. L'alimentation a un effet important sur sa qualité et sur sa quantité des protéines de poil (Scott,1990). Des carences nutritionnelles globales modifient le diamètre du poil mais aussi sa longueur (AlHaidari,1991).

Une carence d'acides aminés soufrés entraîne une réduction d'activité du bulbe pileux, et provoque la chute des poils des carnivore (Helal, 2011). De même, un pelage plus terne, plus fin et moins souple constitue un résultat une fourniture en nutriments de mauvaise qualité ou en quantité déséquilibrée. La composition du poil des carnivore et sa vitesse de croissance est adapté aux nutriments disponibles. Si l'aliment est pauvre, le poil peut devenir cassant, sec, fin, terne et plus ou moins dépigmenté (Deniau, 2002).

Mais ,les différentes publications sur les bovins révèlent des relations entre les apports alimentaires en minéraux et leurs concentrations faibles dans les poils , voire nulles, pour la plupart des éléments. En effet, le niveau d'apport en certains éléments minéraux modifiait la concentration d'autres minéraux dans les poils. L'âge, la couleur des poils, les localisations des poils sur le corps et les contaminations extérieures sont aussi sources de variation du contenu minéral des poils (Tetu, 2013)

Le cycle pileux note des modifications surtout dans la pathologie. Une maladie grave peut provoquer une transformation où le sous-poil tombe abondamment (Sousa,1992). On parle d'effluvium télogène car une grande partie des follicules passe simultanément en phase quiescente. Ce phénomène est observe 2 à 3 mois après un stress (Al Haidari,1991).

La contraction de la base du poil et le passage en phase télogène est un resultat d'une décharge de glucocorticoïdes (Deniau, 2002).

La source de stress peut être émotionnelle, physique (avec hyperthermie, hémorragie, amaigrissement) ou chimique (anesthésie, traitement médical). La repousse du poil est retardée 4 à 6 mois. D'après Baker et Thomsett, 1990 ; la croissance ré-amorcée, un pelage normal qu'après 8 à 12 semaines.

2.2.2.2. Variations saisonnières

La photopériode agirait par stimulation de l'épiphyse par l'œil et l'hypothalamus, cela provoque la sécrétion de mélatonine. Le changement d'automne donne naissance à un pelage à poils longs, et plus drus, par développement des poils secondaires, alors qu'au printemps, après la chute de poils, un certain nombre de follicules involuent.

La mélatonine induit la pousse d'un pelage d'hiver, et prévient le changement d'été (Helal, 2011)

De plus, en été, une épaisseur excessive du pelage, peut devenir un facteur limitant de la thermo-régulation et par la suite de la croissance (Turner et Schleger, 1970). Toutefois, ces auteurs ont également montré que le pelage et la croissance sont liés par d'autres facteurs que la seule possibilité de thermo-régulation, et formulé l'hypothèse que la croissance corporelle et l'activité des follicules pileux seraient contrôlées par un mécanisme commun, qui pourrait être endocrinien.

Probablement les vaches ont été délestées lors du prélèvement de cheveux à la fin Octobre et début Novembre (Bertipaglia, 2007). Le délestage est seulement une caractéristique de la dynamique qui détermine le type de manteau long de l'année (Turner et Schleger, 1960). Dowling et Nay (1960) ont également signalé une diminution de la longueur des poils de l'hiver à l'été, augmente à nouveau et atteint son pic en fin d'automne ou en début d'hiver.

La chute de poils est rapide si la diminution de l'éclairement est associée à des températures faibles. Ainsi, la température module l'intensité de chute de poils (Hale, 1982) et contrôle sa progression (Scott, 1990). La vitesse de croissance des poils varie entre l'été et l'hiver sous l'effet de la température Parameswaran et Wilkinson (1983) trouvent une croissance plus rapide en été.

Au contraire, Al-Bagdadi (1977) met en évidence une pousse légèrement plus importante en hiver. Parameswaran et Wilkinson (1983) concluent néanmoins à une relation entre la température extérieure et l'activité des glandes endocrines, influençant la vitesse de pousse. Le renouvellement des poils est la réponse d'adaptative des animaux aux variations de température et de conditions extérieures (Scott, 1990).

2.2.2.3. Variations hormonales

Le déroulement normal de changement de poils dépend du bon fonctionnement de l'hypophyse et des glandes thyroïdes, surrénales et gonadiques. Le stress provoque un

effluvium télogène par l'intermédiaire des glucocorticoïdes. Les œstrogènes provoquent des modifications physiologiques de la gestation. L'influence de la photopériode passe par l'hypophyse.

➤ **Hormones hypophysaires**

L'hypophyse libère des hormones qui influencent directement le cycle pileux. Les glandes endocrines sont stimulées par cette dernière.

La Prolactine sécrétée en été surtout, limite la vitesse de croissance du poil mais facilite l'augmentation de son diamètre. (AlHaidari, Von Tschärner, 1997).

La Mélatonine, délivrée lors de photopériodes courtes, empêche le bon développement des gonades et l'accroissement saisonnier normal du poil. C'est le facteur qui associe le fonctionnement endocrinien à la photopériode (Ebling et al, 1970).

L'hormone de croissance GH permet le maintien de ce pelage et le passage du poil juvénile au poil adulte. La carence de GH provoque, l'épilation facile, l'alopécie fréquente (Mooney, 1999).

Cette hormone favorise la reprise d'activité du follicule pileux (AlHaidari et Von Tschärner, 1997), comme les hormones thyroïdiennes.

➤ **Hormones thyroïdiennes**

T3 et T4 sont nécessaires au déclenchement de la phase anagène (Mooney, 1999), accélèrent le remplacement des poils épilés et le cycle (Ebling et Hale, 1970).

Ces hormones augmentent la longueur finale du poil et favorisent le maintien du poil en place (Ebling et al, 1970). Elles ont une activité stimulante sur le bulbe pileux. Leur carence est à l'origine d'une alopécie par défaut de repousse du poil (Mooney, 1999).

➤ **Hormones stéroïdes**

En jouant sur le développement et la différenciation des cellules du follicule, les corticoïdes inhibent la croissance du poil, d'après Ebling et al (1970). Le mécanisme d'action est lié à la minéralisation de la membrane basale accolée à la gaine épithéliale externe (Mooney, 1999). Après arrachage des poils, le nouveau poil met beaucoup plus de temps à pousser en

présence de ces hormones (Ebling et al, 1970). L'initiation de la phase Anagène est inhibée (Mooney, 1999).

Les glucocorticoïdes provoquent aussi une diminution du diamètre du poil selon Ebling et Hale (1970), parfois une modification de sa couleur selon Mooney (1999).

Les hormones sexuelles limitent la taille finale du poil (œstrogènes, testostérone, androgènes), par le ralentissement de la croissance. Les œstrogènes retardent le passage dans les différentes phases (Ebling et Hale, 1970).

Les cellules cible des androgènes sont les cellules des glandes sébacées (sécrétions liées au sexe) et de la papille dermique (dont la taille est ainsi régulée). Nous pouvons supposer que les hormones sexuelles majoritairement voire uniquement inhibitrice d'activité de la papille. L'épilation est facile, on observe une alopécie débutant aux zones de frottement, en cas d'excès, (Mooney, 1999).

➤ L'influence des hormones thyroïdiennes et de GH est positive, contrairement à l'action des stéroïdes négative sur le follicule. Nous comprenons qu'un équilibre stéroïdes-T3 est nécessaire pour la compensation. Alors le cycle, finement régulé, pourra fonctionner normalement.

La brillance et à la souplesse du pelage exige la présence adaptée de ces deux catégories d'hormones (Baker et Thomsett, 1990).

Le rapport entre ces médiateurs varie au cours du cycle, de façon à être adapté aux besoins du moment. Par exemple, la période de changement de poils à la fin du mois de juin correspond à des fluctuations marquées.

En juin, les hormones thyroïdiennes éprouvent un minimum alors que les stéroïdes sont à leur maximum. C'est l'inversion du ratio qui est à l'origine de la chute des poils selon Ebling et al (1970). Toutes les influences hormonales sur le poil sont schématisées sur la figure 2.5.

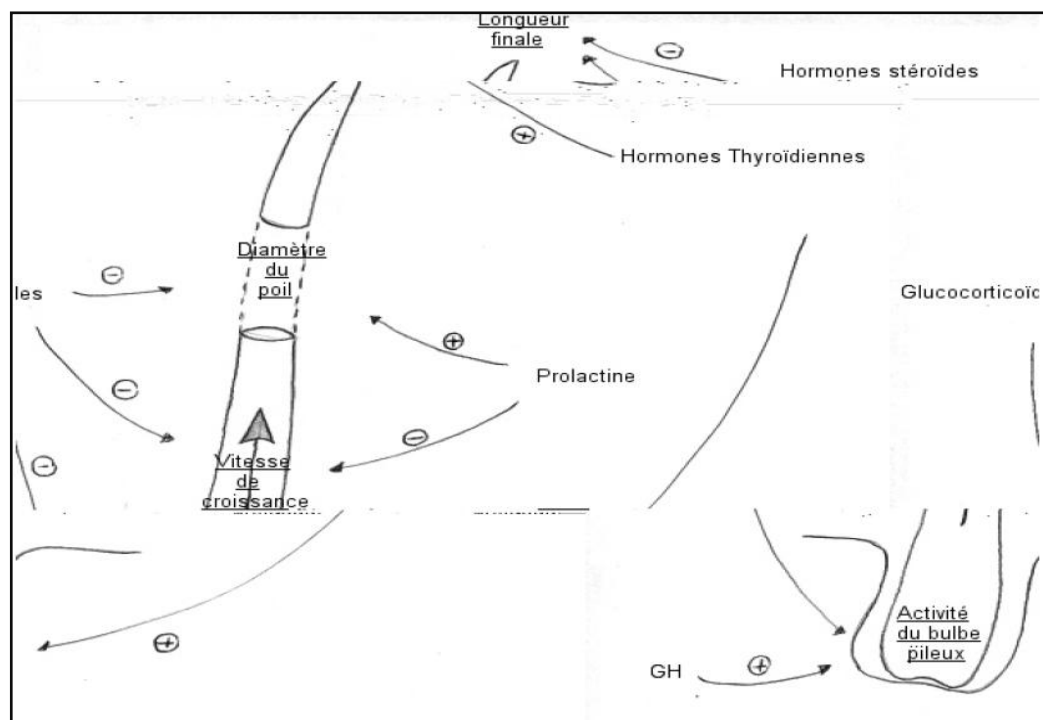


Figure 2.5 : Intervention des hormones dans le déroulement du cycle pilaire

2.3. L'UTILISATION DE POILS POUR EVALUER LA SITUATION ANIMALE

2.3.1. Pourquoi les cheveux ?

Dans les dernières années, les cheveux ont été utilisés en médecine humaine pour extraire ADN (Woodruff, 1993; Morin et al, 1994), pour quantifier le stress chronique les indicateurs et l'exposition prénatale aux médicaments dans les nouveau-nés hospitalisés (Yamada et al., 2007), pour faire apparaître des traces de métaux (Foo et al, 1993), à savoir les causes de dopage dans les contrôles des sportifs (Raul et al., 2004; Cirimele et al, 2000; Bowers et Segura, 1996; Kintz, 2003), pour évaluer les décès liés à la drogue, et en biologie criminalistique (Wenning, 2000).

Depuis quelques années, l'utilisation des poils a été introduit aussi dans sciences animales pour fournir des informations fiables sur l'activité de l'axe HHS, et sur le stress chronique avec très peu de dérangements pour les animaux (Koren et al., 2002; Davenport et al., 2006; Accorsi et al., 2008; Comin et al., 2011; Comin et al, 2012 a.; Comin et al., 2012 b).

L'échantillonnage de poils ne implique pas un risque de douleur ou l'infection pour les animaux.

C'est une matrice sécurité, facilement disponible, facile à stocker, à transporter, (Koren et al., 2002). A long terme, le dosage de poils fournit un profil endocrinien sans l'intervention de circadien biorythmes et stress aigu, y compris celle causée par la manipulation du animaux (Prandi et al., 2010).

On attendons la validation pour différentes espèces, le poils pourrait être utile pour évaluer le stress chronique et d'autres substrats hormonaux des tendances sociales (Accorsi et al., 2008 ; Comin et al., 2013). Sur les plans écologiques, les cheveux peuvent être un indicateur important de l'accumulation des polluants environnementaux, clinique et des études d'hygiène.

En écologie de la faune, son utilisation réduisant la nécessité de capturer et manipuler les animaux pour l'échantillonnage, et permettant de tester un effectif important dans une population, à faibles coûts et peu de perturbations (Prandi et al., 2010).

2.3.2. Mécanisme d'incorporation de substances dans les cheveux

Pour l'instant, le mécanisme d'incorporation de différentes substances dans les poils et la façon dont ces substances se déplacent réellement le long de la tige du cheveux ne sont pas bien compris (Kirschbaum et al., 2009). Plusieurs modèles ont été proposés pour expliquer ces phénomènes.

Le premier modèle suggère que pendant la phase de croissance (phase anagène), l'incorporation se produit simplement par diffusion passive du flux de sang dans les cellules en croissance à la base de follicule pileux: cette incorporation finirait avec la kératinisation et la déshydratation des cellules ciliées (Cone, 1996). Cependant, si ce modèle est actuellement considéré comme sur-simplifié: si un autre modèle a été proposé, en supposant un dépôt de substances de couches dermiques profondes au cours de la croissance, de glandes sébacées et apocrines mouillants croissance des cheveux, ainsi que de l'environnement extérieur (Henderson, 1993).

Ce modèle est maintenant généralement accepté par la plupart des auteurs (Pragst et al., 1998; Kintz, 2004).

La diffusion est amplifiée par les lipides dont la solubilité est élevée et par une faible liaison protéique: pour cela, les stéroïdes mesurée dans les pelage sont liés à la partie libre de stéroïdes dans le sang (Prandi et al., 2010).

CHAPITRE 3

DEMARCHE METHODOLOGIQUE ET PROTOCOLE DE RECHERCHE

CHAPITRE 3: DEMARCHE METHODOLOGIQUE ET PROTOCOLE DE RECHERCHE

❖ Protocole de recherche

3.1. Cadre géographique

3.1.1. Localisation et données générales

La wilaya de BBA est située dans les hauts plateaux Est du pays, elle est localisée sur l'axe Alger – Constantine et s'étend sur une superficie de 3 920 Km² soit près de 1/600^{ème} du territoire national. Géographiquement, elle est comprise entre les parallèles 35° et 37° de latitude Nord et entre les méridiens de longitude 4° et 5° à l'Est de GREENWICH. Elle est limitée (figure 3.1) :

- De l'Est, par la wilaya de Sétif ;
- De l'Ouest, par la wilaya de Bouira ;
- Du Nord, par la Wilaya de Bejaia ;
- Du Sud, par la wilaya de M'Sila.

Son érection au rang de wilaya a aboutit à la configuration actuelle: 34 communes, 10 daïras avec un taux d'encadrement moyen de trois communes par daïra et compte une population estimée à 667 525 habitants selon la D.P.A.T (direction de planification et de l'aménagement du territoire, 2013).

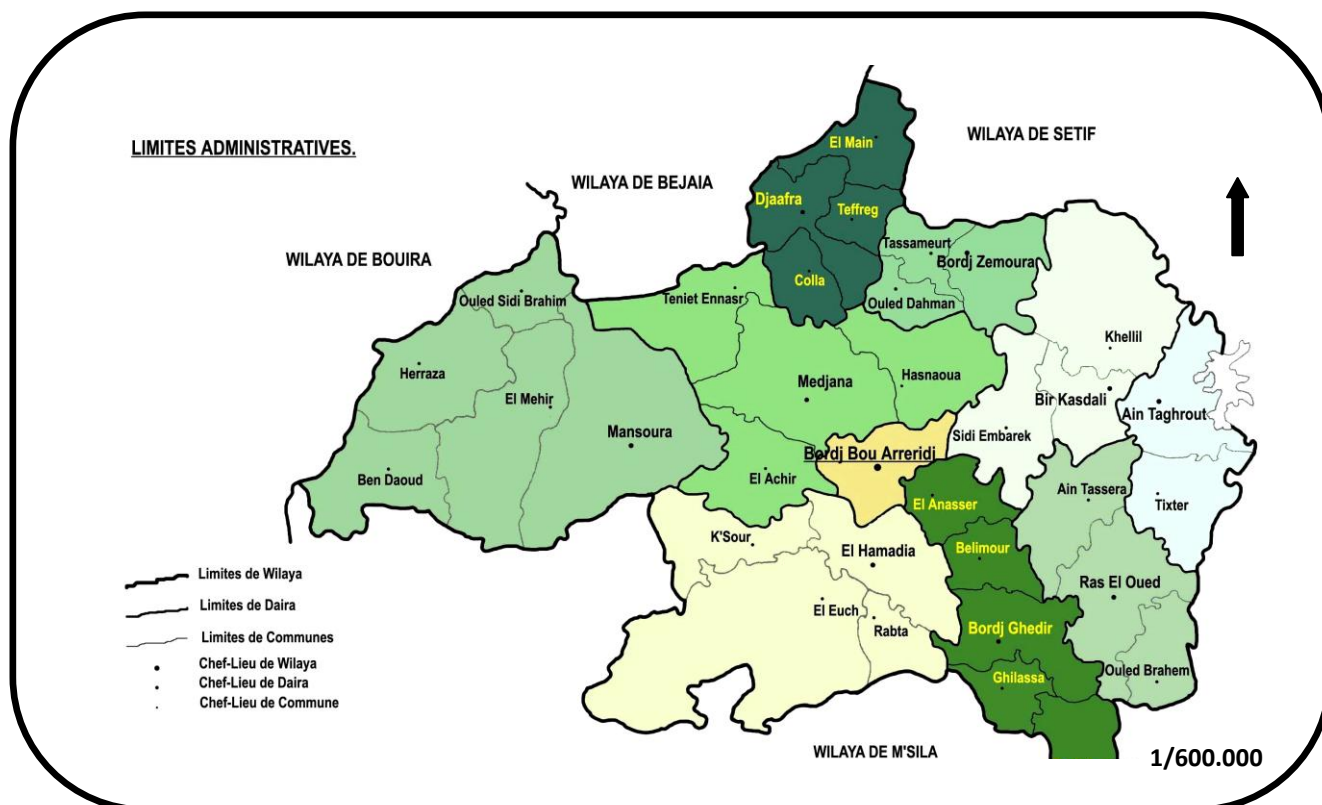


Figure 3.1 : Carte administrative de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (DSA, 2013)

3.1.2. Caractères pédoclimatiques de la région d'étude

3.1.2.1. Relief

L'altitude de la wilaya varie entre le point culminant dans la commune de Taglait, au Sud de la Wilaya, à 1 885 m sur Djebel Echeldj de la chaîne des Maâdid où se trouve la Kalaâ des Beni Hammed et le point le plus bas sur l'Oued Bousselam à l'Est, soit 302 m. Schématiquement, le relief de la wilaya peut être décomposé en 3 grandes zones:

- Une zone montagneuse au Nord, constitué de la chaîne des Bibans.
- Une zone de hautes plaines, qui constitue la majeure partie de la wilaya, elle s'étend de la chaîne des Bibans à l'ouest jusqu'au barrage de Ain Zada à l'Est.
- Une zone steppique, au Sud-Ouest, à vocation agropastorale.

3.1.2.2. Climat

Le climat est l'un des facteurs essentiels qui interviennent au développement et la répartition spatiale et temporelle de la végétation. Le climat est de type semi-aride

continental à hiver rigoureux et été sec et chaud. Cependant, il existe des contrastes pluviométriques liés à l'altitude entre les différentes régions de la wilaya.

A. Précipitations

Le régime pluvieux dans la wilaya de BBA présente une grande variabilité inter mensuelle et saisonnière, aussi les précipitations sont en général faibles voir modérées ; la wilaya a reçu une moyenne de 382.9 mm d'eau par an durant la période de 2006-2013. Cependant les chutes sont irrégulières, réparties sur une période courte de l'année et l'évaporation est souvent considérable. L'été est sec seuls tombent sur l'intérieur quelques orages très localisés. Le maximum des pluies tombent en hiver.

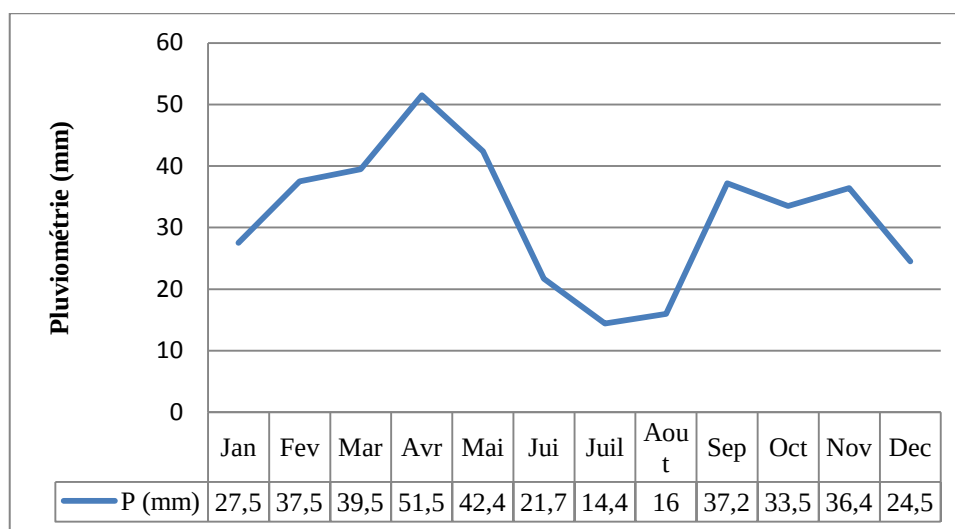


Figure 3.2: Moyenne mensuelle de précipitation de la station de BBA (2006-2013)

Durant la période 2006-2013, on constate que la moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois d'Avril (51,5 mm), et le mois le moins pluvieux est le mois de Juillet (14,4 mm) (figure 3.2).

B. Température

L'examen de l'évolution des températures moyennes durant les 8 dernières années à BBA montre que les mois de janvier et février sont les mois les plus froids avec une température moyenne de 6.3 C° alors que le mois de Juillet est le plus chaud avec une température moyenne de 28 C°(figure 3.3).

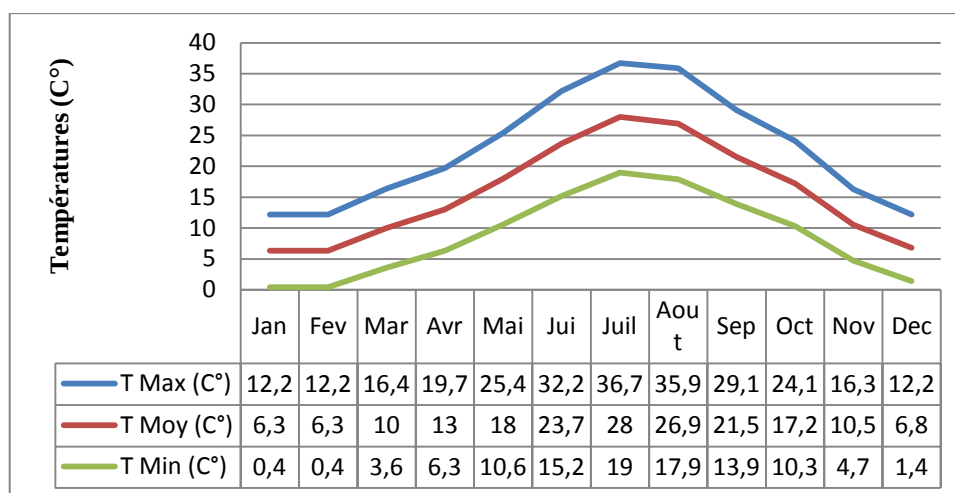


Figure 3.3: Températures moyenne mensuelle de la station de BBA (2006-2013).

C. Données climatiques secondaires

La neige : elle a réapparue dans la Wilaya au cours de cette période. Des températures en dessous de zéro ont été enregistrées dans plusieurs endroits et à plusieurs reprises.

Les gelées blanches : elles sont fréquentes sur les hautes plaines qui constituent un facteur limitant la production agricole. Pendant le mois février 2012 la moyenne minima est voisine de -7,3°C.

Les vents : les plus fréquents sont d'origine Nord-ouest pendant une grande partie des 8 dernières années, tandis que les vents venus du Sud (Sirocco) sont fréquents en été.

3.1.3. Les caractéristiques socio-économiques

3.1.3.1. La population

Selon les estimations statistiques de la D.P.A.T en 2013 la population de la wilaya de B.B.A est de 667 535 habitants avec une densité de 170 hab/km², répartie sur les différentes communes.

3.1.3.2. Les activités économiques

Bien que la tendance agricole de la wilaya soit affirmée, le volume de l'emploi agricole durant la campagne 2012/2013 est de 52 980.

3.1.3.3 Les activités agricoles

La région de BBA est une région agricole par excellence. La superficie agricole totale (382 999 ha) et la superficie agricole utile (187 847 ha) représentent respectivement plus de 62,43 % et soit 47,34 % de la superficie totale de la wilaya, les terres relevant du secteur de l'élevage sont réparties en jachères (3,16 %), prairies naturelles (0,039%), pacage et parcours (12,66%) par rapport à la superficie totale de la Wilaya (annexe 1). Cependant cette activité connaît des contraintes liées principalement aux conditions climatiques et au relief d'une part et à l'érosion qui affecte les sols d'autre part.

A. Production végétale

La région de BBA est en outre réputée pour ses terres fertiles. Les céréales occupent la première place parmi les cultures herbacées (113 100 ha). En effet, le blé dur, l'orge, le blé tendre et l'avoine sont les principales espèces cultivées, on retrouve aussi les cultures maraîchères et fourragères (8 740 ha). La zone montagneuse est caractérisée par l'arboriculture fruitière (6 227 ha) et l'oléiculture (21 143 ha) (tableau 3.1). L'agriculture à BBA est essentiellement centrée sur la céréaliculture, elle occupe 43,26% de la S.A.U, suivie par les cultures permanentes 8,19 %. Le taux d'irrigation agricole est de 2,76 %.

Tableau 3.1: La production végétale à BBA dans la compagne (2012/2013)

Spéculation		Superficie (ha)	Production (Qx)
Céréales		113 100	1 654 928
Fourrages (cultivées+prairie naturelle)	F.cutivées	4 985	213 165
	P.naturelle	150	7 400
	Jachère fauche	3 605	133 480
Cultures maraîchères		1 922	236 184
Arboriculture	Arboriculture fruitière	6 227	126 288
	Olivier	21 143	134 552

(DSA de BBA, 2013)

B. Production animale

Le cheptel de BBA constitue une de ses richesses notamment les bovins avec un effectif qui s'élève à 42 289 têtes dont 19 274 têtes vaches laitières. Cette région est aussi réputée pour l'élevage ovin avec 411 016 têtes dont l'alimentation dépend de la céréaliculture,

alors que l'élevage caprin (30 482 têtes de chèvres) est de type traditionnel et associer généralement aux troupeaux ovin (tableau 3.2).

Tableau 3.2 : La production animale à BBA dans la compagne (2012 /2013).

Le produit animal	Effectifs (tête)
Vache laitière	19 274
Brebis	184 690
Chèvre	30 482
Bovin	42 289
Ovin	411 016
Caprin	60 617
Poulet de chair	6 039 000
Poule pondeuse	2 138 550
Ruche	47 847
Equin	4 537

(DSA de BBA, 2013)

C. Appareil de production

L'appareil de production dans la région de BBA est constitué de plus de 20298 unités de production (tableau 3.3) dont 97% sont des propriétaires privés par contre les exploitations issues des réformes des anciens domaines agricoles ne représente que 1.5% EAC et 1.3% EAI.

Tableau 3.3: Appareil de production

Exploitations agricoles	Nombre d'unités	Nombre d'emplois
Fermes pilotes	03	192
Exploitations agricoles collectives (EAC)	310	1 568
Exploitations agricoles individuelles (EAI)	273	190
Propriétaires privés	19 713	45 236

(DSA, 2013)

❖ Démarche méthodologique

3.2 Cadre d'étude

Le travail de suivi a été réalisé dans une exploitation privé localisée dans le semi aride inférieur (figure 3.4). Elle possède des superficies relativement importantes, dont l'activité

d'élevage est caractérisée par la présence d'un atelier bovin de taille relativement importante (95 têtes).

L'infrastructure disponible est suffisante. En plus d'étables de bovin, la ferme dispose des bergeries pour les ovins, un parc pour le matériel agricole et des hangars de stockage d'aliment.

Les ressources humaines est composé d'un chef de l'exploitation, et d'un effectif important d'ouvriers polyvalents chargé de l'alimentation et de l'entretien, des ouvriers chargé de la traite, et des gardiens ; le personnel travaille à plein temps.

L'exploitation objet de suivi consacre une partie de leur SAU pour cultiver des fourrages destinés à l'alimentation des bétails. Les jachères au printemps et en arrière saison ainsi que les chaumes en été sont aussi utilisés pour l'alimentation des ovins et des bovins.

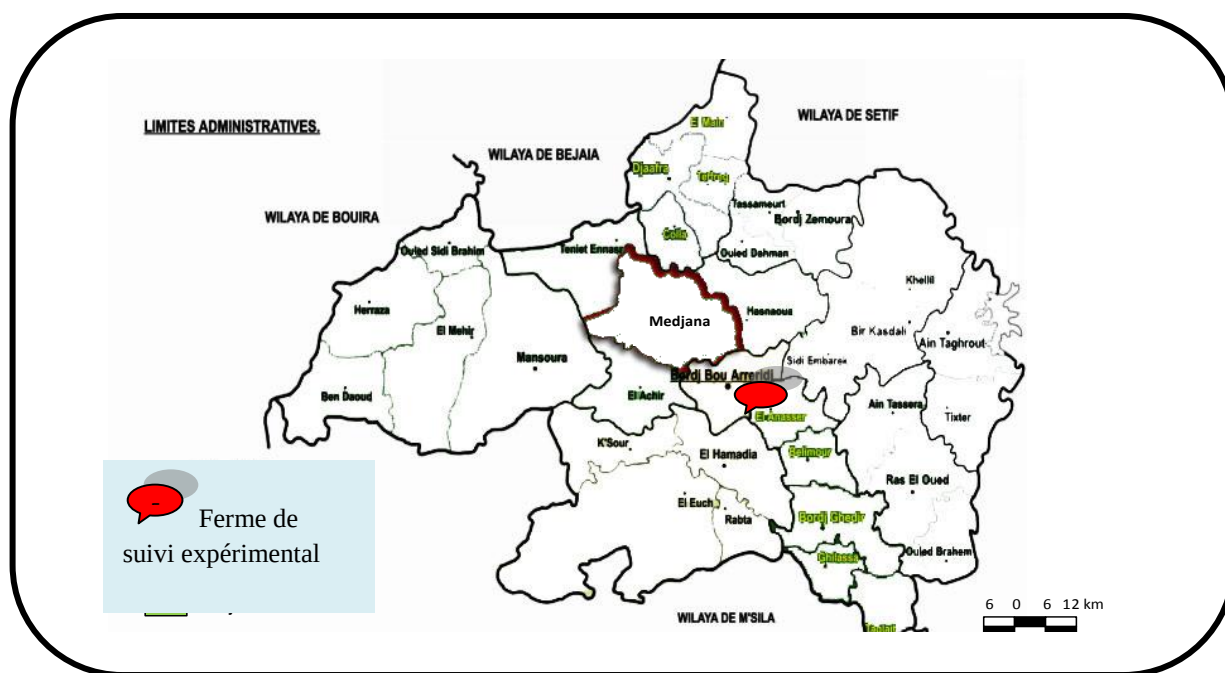


Figure 3.4: Localisation la ferme sur la carte de BBA

3.2.1. Animaux

Un total de 95 vaches laitières pie rouge (67 Montbéliarde et 28 fleckvieh) provenant d'un élevage moderne a été utilisé pour effectuer notre expérimentation. Le travail de suivi concerne les primipares et les multipares, née localement ou importées depuis 3 ans

au minimum dont la conduite alimentaire était semblable (à base de foin d'avoine, paille et du concentré).

Le bâtiment d'élevage est cimenté et nettoyé avec utilisation de main d'œuvre pour l'entretien de la propreté du bâtiment et la veille sur le bien être des vaches. Les ouvriers utilisent la machine à traire, et le pulvérisateur pour la désinfection du local.

3.2.2. La description des mesures d'étude du matériel

3.2.2.1. Détermination des caractéristiques morphologique de la robe

➤ Détermination du pourcentage de la couleur blanche de la robe

Le pourcentage de la couleur blanche par rapport à l'ensemble de la surface corporelle a été estimé selon la méthode de Becerril et Wilcox (1992). Nous avons enregistré des photos des deux cotés de chaque animal dans l'étable à l'aide d'appareil photographique. Le pourcentage de la couleur blanche des robes des vaches a été calculé par un logiciel spécial (IPWin32). Les pattes, la tête, la queue et la région du ventre sont exclues de la mesure (figure 3.5).

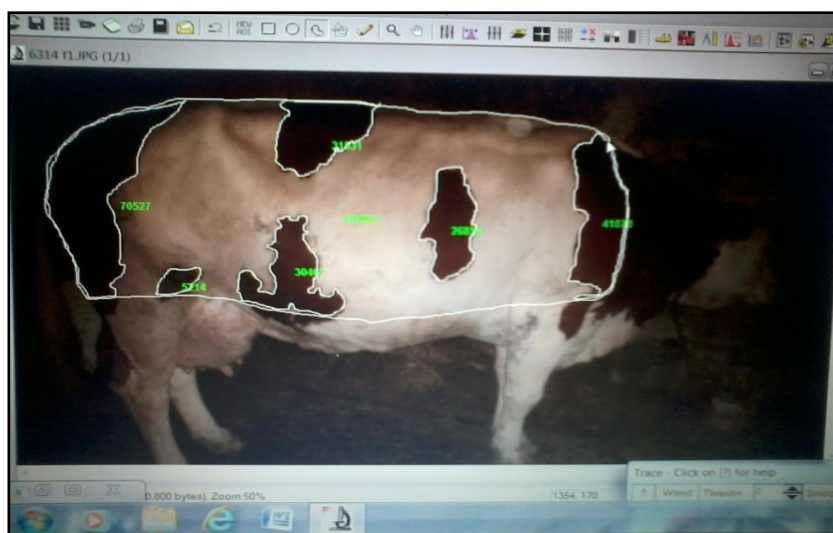


Figure 3.5: Estimation de la couleur de la robe

➤ Collecte des échantillons de poils

La collecte des échantillons a été réalisée en, Août (été), et Février (en hiver). Les échantillons de poils sont prélevés sur une surface au centre du thorax de l'animal, à environ 20 cm en dessous de la ligne dorsale (Silva, 2000) avec une tondeuse électrique

adapté de telle manière que toutes les poils dans une surface de 1 cm² pourrait être arraché (Silva et al., 1988; Silva, 2000). Ces échantillons sont par la suite stockés dans des enveloppes en plastique et des mesures (poids des poils, longueur des poils, nombre de poils par unité de surface, et le diamètre de poils) ont été faites plus tard dans le laboratoire.

➤ **La longueur des poils**

La longueur des 20 poils les plus longs de chaque échantillon est mesurée avec une règle métallique (d'Udo modifié, 1978)

➤ **La densité des poils**

Le nombre de poils par unité de surface (poils/cm²) est obtenu par comptage direct de tous les poils présents dans chaque échantillon des 95 vaches durant chaque saison (été et hiver).

➤ **Le diamètre des poils (µm)**

Le diamètre (total et médullaire) des 20 poils les plus longs est mesuré à environ 10 µm de la racine de poils (début d'arrachage) à l'aide d'un micromètre oculaire d'un microscope Leica DM1000 au fort grossissement (x100) (Muler et Guaguere, 2003).

➤ **Poids des poils (mg)**

Les poils sont pesés dans une coupelle en plastique d'une balance analytique pour mesure précise de petite masse (1 cm² de poils).

3.2.2.2. Détermination des paramètres biologiques

❖ **Cortisol des poils**

➤ **Préparation et stockage des échantillons de poils**

Les échantillons de poils de vaches individuelles ont été pris avec une tondeuse électrique le jour de test en Août (été), et Février (en hiver). Les poils ont été scellés dans des sachets en plastiques avec du ruban Scotch et conservé à la température ambiante jusqu'au jour d'analyse.

➤ **Procédure de lavage des poils**

Des échantillons de cheveux d'environ 250 mg ont été placés dans des bécher en verre et lavé deux fois avec 5 ml de méthanol proposé par Davenport et al. (2006), puis les échantillons ont été mélangés doucement sur un agitateur à température ambiante pour 3min par lavage. Ce temps de lavage relativement court a été choisi pour minimiser le risque d'extraction du cortisol à l'intérieur de la chevelure.

➤ **L'extraction du cortisol à partir des poils**

La méthodologie d'extraction a été réalisée selon la méthode décrite par Koren et al. (2002) modifié par Accorsi et al. (2008). Une fois les échantillons lavés et séchés à température ambiante pendant environ 5 jours comme indiqué Paulsen et al.(2001), les poils ont été coupés avec des ciseaux en morceaux de 3-4mm et placé dans un flacon en verre.

Environ 50 mg de morceaux de poils a été pesés et soigneusement placés dans un tube en verre. Trois millilitre de méthanol ont été ajouté à chaque échantillon, et les tubes ont été incubés à 37°C pendant 18 heures avec une rotation lente pour extraire le cortisol (annexe N°2). Suite à l'extraction, les échantillons ont été centrifugés (1000 rpm/15 min) dans une centrifugeuse (Hettich EBA 20) comme suggéré Comin et al (2013). Une aliquote de 0,6 ml du méthanol a été prise par le haut, et cet aliquote a été séchée à l'aide d'un bain à sec SBH200D/3 Stuart à 37°C (Davenport et al. ,2006 ; Bennett et Hayssen., 2010). Ce volume a été choisi de manière à éviter de contaminer le surnageant avec des morceaux de poils et a été pris en compte dans les calculs des données finales. Une fois que le méthanol a été complètement séché, l'échantillon a été remis en suspension dans 0,3 ml de phosphate salin (PBS) tamponnée à un pH de 7,5 (Comin et al ., 2013). Les échantillons ont été soumis à un vortex pendant 30 secondes jusqu'à ce qu'ils soient bien mélangés.

➤ **Le dosage du cortisol**

Les échantillons ont été dosés en double. Les concentrations de cortisol dans les poils ont été reconstitués et évalués en utilisant le kit HUMAN Cortisol ELISA, basé sur une réaction immuno-enzymatique compétitive. Les microplaques sont recouvertes avec un anticorps monoclonal dirigé contre un antigène spécifique de la molécule de cortisol. Le cortisol endogène contenu dans l'échantillon de poils entre en compétition avec le conjugué pour la liaison à l'anticorps.

En bref, la microplaque a été incubée pendant 5 min à température ambiante. 20 μ L de chaque *Standard* a été déposé ensuite dans 200 μ L de *Conjugué enzymatique* à chaque puits. De plus, la plaque a été soigneusement mélangée pendant 10 secondes, incubée à température ambiante pendant 60 min et lavée 3 fois avec une solution de lavage (400 μ L par puits). Après, 100 μ L de solution *Substrat* a été ajoutée à la plaque et incubée pendant 15 min à température ambiante à l'obscurité. En fin, la réaction a été stoppée en ajoutant **100 μ L** de Solution *Stop* à chaque puits. L'absorbance a été lue à 450 nm à l'aide d'un spectrophotomètre lecteur de microplaques. De la courbe linéaire standard, nous avons calculé la concentration de l'hormone dans les échantillons exprimée la première fois en ng/ml et transformée par la suite en pg/mg de cheveux.

3.3. Analyse statistiques réalisées

Les données issues de l'expérimentation sont saisies dans des tableaux EXCEL dont le contenu a servi à effectuer des analyses statistiques en utilisant le logiciel SPSS (Statistical Program for Social Science), version 21. Suite à la diversité des approches méthodologiques, divers outils statistiques ont été utilisés, précisément l'analyse de la variance (divers procédures), les tests non paramétriques et les tests de corrélation.

3.3.1. Analyse de la variance

Deux procédures d'analyse de la variance ont été utilisées. L'analyse de la variance à un seul facteur a été utilisée pour tester l'hypothèse d'égalité des moyennes. Comme la nature de la distribution des variables étudiées dans notre travail était anormale nous avons eu recours à une transformation logarithmique normalisatrice. Les variables retenues sont relatives aux performances de reproduction : nombre d'insémination par conception (**IPC**) ; l'intervalle vêlage- première saillie (**IVPS**) ; l'intervalle vêlage-saillie fécondante (**IVSF**), de production laitière (PLT), et aux caractéristiques de la robe (C, W, L, N, TD, MD). L'homogénéité des variances a été contrôlée par le test de Levene. Ensuite des tests paramétriques ont été utilisés pour ces variables. Le test LSD (least significant difference) a été utilisé pour comparer les moyennes. Le seuil de signification a été fixé à $p < 0,05$.

Un modèle linéaire général (GLM procédure) a été utilisé pour estimer l'effet des caractéristiques du pelage sur les paramètres de reproduction (IPC, IVPS, IVSF) pour chaque race et type d'animaux (importée et née localement) durant la saison estivale

3.3.2. Analyse non paramétriques

Le test Kruskal-Wallis (test non paramétrique) est une analyse de la variance à un seul facteur ont été utilisés pour comparer les moyennes des échantillons si la normalité et l'homogénéité étaient non assurée.

3.3.3. Analyse des corrélations

La corrélation bivariée de Pearson a été utilisée pour tester le niveau de liaison entre les variables quantitatives dont le niveau de signification a été fixé à $p < 0,05$. Le rang de corrélation de Spearman a été utilisé lorsque les variables n'étaient pas normalement distribuées.

CHAPITRE 4

PERFORMANCES DE REPRODUCTION
ET DE
PRODUCTION LAITIÈRE

CHAPITRE 4 : PERFORMANCE DE REPRODUCTION ET DE PRODUCTION LAITIÈRE

4.1. Résumé

La présente étude vise à examiner la variation des performances reproductives et leurs liens avec le niveau de production de lait enregistré par les vaches laitières élevées dans un élevage laitier de la région semi-aride d'Algérie. À cet égard, une étude menée auprès d'un effectif de 95 vaches (28 fleckvieh et 67 Montbéliardes) élevées dans une ferme commerciale. Les données de la reproduction suivant ont été mesurés : nombre d'insémination par conception (IPC); l'intervalle vêlage- première saillie (IVPS); l'intervalle vêlage-saillie fécondante (IVSF) et la production laitière total (PLT).

Pour la race Montbéliarde, les vaches ayant un nombre IPC de 2,1 et des intervalles entre le vêlage- le premier service, et la conception de 64 ; et 92 jours respectivement, bien que les vaches Fleckvieh ont obtenu un IVPS (77journs) et un IVSF (86,5 jours) et un nombre d'insémination par conception (1,6). Ces résultats sont très proche de ceux observés dans les pays tempérés. Cependant la PLT est de 5189 kg chez les vaches Fleckvieh et 3876 kg chez les vaches Montbéliardes.

Les résultats montrent l'indépendance entre les paramètres de reproduction et le niveau de production de lait ($p > 0,05$) pour les deux races. Cependant, une légère supériorité non significative de la fertilité des primipares montbéliarde avec un nombre réduit de service ($1,79 \pm 1,34$) par rapport aux multipares ($2,39 \pm 1,71$). Ces vaches ont enregistré relativement un plus court intervalle vêlage-saillie fécondante ($71,45 \pm 34,19$ jours) que chez les multipares ($104,15 \pm 70,65$ jours).

Mots clés : performances de reproduction, niveau de production de lait, Montbéliarde, Fleckvieh

4.2. Introduction

En Algérie, le secteur de l'élevage bovin laitier joue un rôle significatif dans la production de lait et de viande, d'où son importance économique et sociale. Pour améliorer ce secteur, la politique de l'Etat est favorable à l'importation de génisses à haut potentiel génétique. Par ailleurs, devant renchérissement des prix de la viande rouge comparée au lait, certains éleveurs laitiers ont préféré élever les vaches qui ont une double aptitude,

une bonne production laitière et des veaux ayant une croissance plus rapide tel que les vaches de race Montbéliarde (Boujenane et Aïssa,2008). L'autre argument avancé par les éleveurs est d'élever des vaches adaptées au système d'élevage et aux conditions environnementales algériennes, comme la Montbéliarde, mieux d'avoir des vaches d'un très haut potentiel laitier, comme la race Holstein par exemple (Boujenane et Aïssa,2008).

Toutefois, malgré l'importation de génisses à haut potentiel génétique, la couverture des besoins en lait est loin d'être optimale en raison du manque d'appropriation par les éleveurs, d'un bon outil d'amélioration génétique et de maîtrise des performances de reproduction.

Les débats sont nombreux parmi les producteurs et les chercheurs concernant l'antagonisme possible entre une grande production laitière et les performances reproductives. Certains chercheurs s'intéressent à un matériel animal plus adapté à la contrainte climatique et qui peut avoir un niveau élevé de production qui affecte moins la reproduction. Ce chapitre examine la variation des performances reproductives en association avec le niveau de production de lait des vaches fleckvieh et Montbéliardes.

Ainsi, l'objectif de la présente étude a été de comparer les performances de reproduction et le niveau de production laitière des vaches Fleckvieh et Montbéliardes élevées dans un même élevage en zone semi aride sous stress thermique.

4.3. Matériel et méthodes

4.3.1. Animaux du suivi

Les données présentées dans cette étude ont été collectées d'Aout 2012 à Aout 2013 sur 95 vaches laitières dans la région Bordj Bou Arréridj. Le climat dans cette région est de type semi-aride, avec une saison sèche de Mai à Septembre et une saison froide d'Octobre à Avril. La pluviométrie moyenne annuelle est de 309,2 mm en 2012 et 392,1 mm en 2013. La température moyenne annuelle est de 16 °C, avec un maximum de 36,7 °C en juillet et un minimum de 0,4 °C en janvier et février.

La majorité des vaches suivies sont des Montbéliardes (MB=67) et des fleckviehs (FL=28), de tous rangs de vêlage, dont 29 primipares et 66 multipares. Les vaches avaient un âge moyen $5,15 \pm 2,42$ ans pour la Montbéliarde et $4,32 \pm 1,61$ ans pour les fleckvieh.

4.3.2. Conduite de la reproduction

Le mode de reproduction le plus utilisé était la monte naturelle assurée par des taureaux, choisis sur la base de leur conformation.

Les données de base sont les dates de vêlages et les dates d'inséminations; elles sont issues des registres et des fiches individuelles de suivi. Ces données brutes ont été saisies grâce à des tableaux puis exploitées en vue de faire ressortir les paramètres zootechniques les plus probants en élevage laitier. Le bilan est calculé sur une campagne de 12 mois dans laquelle une femelle entre par une date de vêlage. Tous les événements relatifs aux inséminations suivants le vêlage sont pris en considération. A partir de ces données, sont calculés les paramètres de reproduction pour tout le troupeau. Les paramètres retenus sont d'une part, l'insémination par conception (IPC), l'intervalle, l'intervalle vêlage- première saillie (IVPS), l'intervalle vêlage-saillie fécondante (IVSF)

4.3.3. Conduite de l'alimentation

L'alimentation des vaches était assurée par une ration de base composée essentiellement de foin et d'un aliment concentré dont la composition a varié en fonction du disponible sur le marché (maïs grain, soja, orge, son de blé.....). La quantité et la qualité de la ration distribuée au niveau des auges collectives varient énormément selon les stades physiologiques des animaux. L'abreuvement est collectif avec des abreuvoirs collectifs à l'extérieur de l'étable.

L'exploitation étudiée pratique le pâturage, les employées profitent des sources végétales disponibles à fin de diminuer la quantité de la ration distribuée à l'étable. Le pâturage se fait soit sur jachère ou chaume ou prairie selon la saison. Pendant le printemps des pâturages se font sur prairies, sur jachère au début de printemps et sur l'orge en vert pendant cette saison. Tandis que pendant la saison estivale pratique le pâturage sur chaume.

4.3.4. Traite

Le contrôle laitier est pratiqué chaque mois, avec la participation de l'éleveur, sur toutes les traites effectuées pendant une période de 24 heures, le contrôle concerne les deux traites celle du matin et celle de l'après midi. La production totale est calculée par la méthode de Fleischmann, en se basant sur les résultats des contrôles mensuels.

4.3.5. Analyses statistiques

L'information collectée a été traitée dans une première étape par les méthodes de la statistique descriptive en vue de préciser la moyenne et l'écart-type des variables explicative. Pour identifier les différentes classes de niveau de production de lait nous avons classé les vaches de chaque race en deux classes selon la moyenne de PLT (variable explicative).

Les données de reproduction ont fait l'objet en premier lieu d'une transformation logarithmique. Ensuite, l'ensemble des données a subi une analyse de la variance (procédure GLM) pour tester l'effet des variables des deux races étudiées au seuil de $p < 0,05$. Toutes les analyses ont été effectuées par SPSS 21.

4.4. Résultats

4.4.1. Performances de reproduction et de production laitière des races étudiées

Les vaches FL ont réalisé une performance laitière supérieure ($p < 0,05$) à celle des vaches MB (3875,84 vs 5188,93 Kg respectivement) (tableau 4.1) bien qu'elles soient conduites sous le même système d'élevage.

L'IVPS moyen a été de 64 jours pour la race MB, mais les vaches FL ont réalisé un intervalle plus long (77 jours). Bien que, les différences sont non significatifs, les vaches FL se sont distinguées par des performances de reproduction plus satisfaisantes malgré leur supériorité en production laitière. L'IPC moyen a été de 1.64 chez les FL alors que les vaches MB nécessitaient un nombre plus élevé d'IPC (2.09).

Tableau 4.1 : Variabilité des performances des vaches montbéliarde et fleckvieh

	Montbéliarde(67)	Fleckvieh(28)	P
IPC	2,09±1,55	1,64±1,19	0,14 ^{ns}
IVPS	64,23±31,68	77,00±40,35	0,23 ^{ns}
IVSF	91,81±61,28	86,45±53,45	0,68 ^{ns}
PLT	3875,84±1213,83	5188,93±1164,67	0,00 ^{**}

IPC: nombre d'insémination par conception; **IVPS :** l'intervalle vêlage- première saillie;
IVSF: l'intervalle vêlage-saillie fécondante ; * $P < 0.05$; ^{ns} $P > 0.05$

4.4.2. Variabilité de performance de reproduction : différences dues au niveau de production de lait et l'ordre de parité

Les résultats archivés dans le tableau 4.2 montrent l'indépendance entre les paramètres de reproduction et les facteurs étudiés ($p > 0,05$) pour les deux races. Cependant, une légère supériorité de la fertilité, mais non significative, des primipares montbéliarde avec un nombre réduit de service ($1,79 \pm 1,34$) par rapport au multipares ($2,39 \pm 1,71$). Ces vaches ont enregistré relativement un plus court intervalle vêlage-saillie fécondante ($71,45 \pm 34,19$ jours) comparativement aux multipares ($104,15 \pm 70,65$ jours)

Tableau 4.2 : Effet de niveau de production laitière, et parité sur les paramètres de reproduction

	Montbéliarde(67)			Fleckvieh(28)		
	IPC	IVPS	IVSF	IPC	IVPS	IVSF
Ordre de Parité						
primipare	1,79±1,34	56,75±20,17	71,45±34,19	1,73±1,28	80,00±34,57	80,00±34,57
Multipare	2,39±1,71	68,76±36,52	104,15±70,65	1,54±1,13	75,38±44,40	89,92±62,36
P	0,08^{ns}	0,30^{ns}	0,08^{ns}	0,58^{ns}	0,86^{ns}	0,68^{ns}
Niveau de production						
élevé	1,88±1,47	59,00±30,78	82,37±61,40	1,57±1,09	80,18±34,71	95,45±58,55
Bas	2,30±1,63	71,04±32,21	104,13±60,20	1,71±1,33	73,11±48,26	75,44±47,45
P	0,33^{ns}	0,10^{ns}	0,10^{ns}	0,91^{ns}	0,54^{ns}	0,31^{ns}

IPC: nombre d'insémination par conception; **IVPS :** l'intervalle vêlage- première saillie;
IVSF: l'intervalle vêlage-saillie fécondante ; * **P** < 0.05; ^{ns}**P** >0.05

4.5. Discussion

A la lumière des résultats obtenus lors de notre étude, il ressort qu'il existe des modifications concernant les principales fonctions physiologiques, à savoir la reproduction et la production laitière.

Dans notre situation, les femelles laitières (Montbéliarde et Fleckvieh) réalisent leurs premières saillies en moyenne à des intervalles comparables (64 ± 32 vs 77 ± 40 jours post-

partum respectivement). Mouffok (2013) à rapporté des moyennes pour les même races de 75 ± 37 vs 66 ± 25 jour de race Montbéliarde et Fleckvieh respectivement dans la région de Sétif. Nos performances semblent être acceptables par rapport à celles rapportées par Cilek et Tukun (2005) en Turquie pour la race Simmental (94 jours). En outre, les intervalles réalisés dans notre étude sont largement plus courts par rapport aux résultats fournis par Shiferaw et al. (2003) pour la race laitière locale élevée dans les fermes d'Ethiopie ($276 \pm 10,3$ jours).

La conception se produit en moyenne 92 ± 61 et $86,45 \pm 53,45$ jours après le vêlage pour les vaches Montbéliarde et Fleckvieh respectivement. Ces résultats reflètent une fécondité meilleure des vaches élevées dans la région d'étude par rapport aux résultats rapportés par Ghoulane et al. (2010) dans la Mitidja au centre de l'Algérie, enregistrés sur frisonne pie noir (160 jours). En Tunisie, plusieurs chercheurs (Ajili et al., 2007; et Ben Salem et al., 2009) ont observé des intervalles de fécondité supérieurs à 140 jours. Cependant, ces performances sont relativement proches de celles réalisées par des vaches croisées Holstein Zebu en Tanzanie (Lyimo et al., 2004 et Phiri et al., 2007). La conception est obtenue par $2,1 \pm 1,5$ vs $1,6 \pm 1,2$ tentatives d'insémination pour les vaches Montbéliarde et Fleckvieh respectivement. Ces résultats sont meilleurs par rapport à ceux enregistrées en 1995-1996 par Ghoribi et al (2005) dans la Wilaya d'El Taref, ($3,71$ et $4,96$ respectivement) pour les vaches de races Prim'Holstein et Fleckvieh.

La production laitière moyenne, calculée pour les vaches montbéliardes et Fleckvieh est de 3876 ± 1214 Kg et 5189 ± 1165 Kg respectivement. En Turquie, Cilek et Tukun, (2005), rapportent une quantité de 4700 Kg pour la race Simmental élevée, Pour une lactation standard de 305 jours. L'analyse comparative a montré que le niveau de production de lait des vaches fleckvieh est supérieur a celui des vaches montbéliarde ($p < 0,05$).

L'étude a montré que l'ordre de parité n'a pas d'effet sur les paramètres de reproduction des deux races suivi. Cependant, nous avons enregistré une légère supériorité non significative des primipares montbéliarde avec un nombre réduit de service ($1,79 \pm 1,34$) par rapport au multipare ($2,39 \pm 1,71$). Ces vaches ont enregistré un intervalle vêlage-saillie fécondante relativement plus court ($71,45 \pm 34,19$ jours) comparativement aux multipares ($104,15 \pm 70,65$ jours). Ces constats sont différents des résultats de Lamari (2011), qui a observé une baisse d'IVSF de 4 jours (59 à 55 jours) des primipares par rapport à des multipares adultes, ensuite une augmentation est signalée pour les multipares âgées.

Dans notre cas, le niveau de production laitière est complètement indépendant des paramètres de reproduction des deux races se qui est conforme aux résultats de Bidanel et al (1989) en Guadeloupe, pour les vaches frisonnes où il a observé des liaisons faibles, entre le niveau de production laitière et l'ensemble des variables caractérisant la reprise post-partum de l'activité sexuelle.

En plus, le niveau de production laitière en début de lactation pénalise certain paramètre reproductif tel que le taux de réussite à la première insémination (Butler et Smith, 1989 ; Espinasse et al. 1998)

4.6. Conclusion

Les vaches laitières élevées dans la ferme étudiée maintiennent son potentiel de fertilité. Dans notre contexte, les vaches laitières à haute capacité de production, sélectionné et importé des pays tempérés reflètent des performances de reproduction très satisfaisantes en raison du fait que leur faible potentiel laitier comparativement de leurs pays d'origine. Cette étude montre clairement que quel que soit le niveau de production du lait où les vaches laitières extériorisent leurs aptitudes productives, le génotype animal exploité et le système d'alimentation adopté conditionnent largement les performances de reproduction réalisées.

4.7. Références

- Ajili N., Rekik B., Ben Gara A and Bouraoui R ., 2007.** Relationships among milk production, reproductive traits, and herd life for Tunisian Holstein-Friesian cows. *African Journal of Agricultural Research* (2), 47-51.
- Ben Salem M., Bouraoui R and Hammami M., 2009.** Performances reproductives et longévité moyenne de la vache Frisonne-Holstein en Tunisie. *Rencontres Recherches Ruminants*, (16).
- Bidanel J.P., Matheron G., Xande A., 1989.** Production laitière et performances de reproduction d'un troupeau bovin laitier en Guadeloupe. *INRA.Prod.Anim*, 1989, 2(5), 335-342.
- Butler, W. R. and R. D. Smith. 1989.** Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72:767-783.

- Cilek S., Tekün M.E., 2005.** Environmental factors affecting milk yield and fertility traits of Simmental cows raised at the Kazova state farm and phenotypic correlations between these traits. *Turk J Vet Anim Sci* 29 (2005) 987-993.
- Espinasse R., Disenhaus C., Philipot J.M., 1998.** *Renc. Rech. Ruminants*, 5, 79-82.
- Ghoribi L., Bouaziz., O, Tahar, A., 2005.** Etude de la fertilité et de la fécondité dans deux élevages bovins laitiers. *Sciences & Technologie C – N°23*, juin (2005), pp. 46-50.
- Ghozlane M K., Atia A., Miles D and Khellef D., 2010.** Insémination artificielle en Algérie: Etude de quelques facteurs d'influence chez la vache laitière. *Livestock Research for Rural Development*. (22).
- Lamari S., 2011.** Typologie des systèmes d'élevage, performances et caractéristiques de la robe Montbéliarde en région semi aride (Bordj Bou Arréridj). Thèse de Magister, Univ Ferhat Abbas Sétif 1, 123p.
- Lyimo Z C., Nkya R., Schoonman L and Van Eerdenburg F J C M., 2004.** Post-partum reproductive performance of crossbred dairy cattle on smallholder farms in sub-humid coastal Tanzania. *Trop Anim Health Prod.* (36), 269–279.
- Mouffok C., 2013.** Performance de l'élevage bovin dans la région semi aride. Approche globale : Systémique, zootechnique et métabolique. Thèse de Doctorat , univ Ferhat Abbas.Sétif1 ,238p.
- Phiri E C J H., Nkya R., Pereka A E., Mgasu M N and Larsen T., 2007.** The effects of calcium, phosphorus and zinc supplementation on reproductive performance of crossbred dairy cows in Tanzania. *Trop Anim Health Prod.* (39), 317–323.
- Shiferaw Y., Tenhagen B A., Bekana M and Kassa T., 2003.** Reproductive performance of cross breed dairy cows in different production systems in the central Highlands of Ethiopia. *Trop Anim Health Prod.* (35), 551.

CHAPITRE 5

LES CARACTERISTIQUES DU PELAGE
AFFECTENT LES PERFORMANCES
DE REPRODUCTION DES VACHES
LAITIERES PENDANT LA SAISON
CHAUDE

CHAPITRE 5: LES CARACTERISTIQUES DU PELAGE QUI PEUVENT AFFECTER LES PERFORMANCES DE REPRODUCTION DES VACHES LAITIÈRES PENDANT LA SAISON CHAUDE

5.1. Résumé

Notre étude avait pour but d'étudier la relation entre les performances de reproduction et les caractéristiques de la robe des vaches Montbéliarde (MB) comme pour les vaches Fleckvieh (FL) nées en Algérie ou importées d'Europe, pendant la saison chaude en Algérie.

Les caractéristiques du pelage (couleur du pelage, poids du poil, longueur du poil, nombre de poils par unité de surface, diamètre total des poils et diamètres médullaire des poils) ont été estimées chez 31 vaches importées et 64 vaches nées localement. Ces caractères ont été mesurés dans une zone de 20 cm au-dessous de la ligne dorsale au centre du thorax.

Les résultats ont montré que les poils étaient significativement différents entre les vaches nées localement et les vaches importées. Les vaches importées avaient un pelage plus blanc que les vaches nées localement pour la race MB, mais une tendance inverse a été observée pour les vaches FL. Pour les vaches nées localement, le diamètre médullaire des poils était significativement plus mince chez les vaches montbéliardes que chez les vaches Fleckvieh. La couleur de la robe (C%) affect significativement l'intervalle entre vêlage et le premier accouplement (ICM), qui était plus court chez les vaches de coloré ($P < 0,05$). La peau plus foncée des poils colorés peut avoir une plus grande capacité de refroidissement par évaporation. L'effet significatif du diamètre total des poils a été observé sur l'intervalle de vêlage à la conception (IC) pour les vaches MB importées, suggérant moins d'incidence du stress thermique sur l'efficacité de la reproduction des vaches avec un poil mince. Bien que, pour la race FL, les vaches les plus foncées soient nées localement, elles ont effectué des performances de reproduction significatives pour tous les paramètres. Les poils plus foncés ont probablement assuré une plus grande capacité protectrice contre le stress, favorisant une plus grande efficacité de la reproduction. Les vaches MB à poils courts ont enregistré significativement plus de nombre d'accouplement par conception ($2,28 \pm 1,93$ Vs $1,67 \pm 0,92$) et IC ($98,04 \pm 78,81$ Vs $74,53 \pm 35,60$ jours) par rapport aux vaches avec des poils longs. Les poils fonctionnent comme un régulateur de température en association

avec les muscles de la peau et peuvent affecter les performances de reproduction pendant la saison de stress.

On peut supposer que la couleur pour la race FL; la longueur et le diamètre total des poils de la race MB semblent être liés à leur efficacité reproductive.

Mots-clés: pelage, reproduction, saison chaude.

5.2. Introduction

Les conditions environnementales changent et, par conséquent, le seul passeport pour la survie d'un organisme est l'adaptabilité (Udo, 1978). Les poils sont un aspect de l'adaptation environnementale: c'est la frontière entre l'animal et l'environnement physique et reflète la réponse des animaux à leur environnement. Les pelages des bovins sont donc adaptés pour résister aux rudes conditions estivales de l'expérience des races. En outre, les changements de pelage des animaux en réponse aux changements environnementaux saisonniers (Brinkmann et al., 2012).

Le rayonnement solaire augmente considérablement la charge thermique de l'animal pendant la journée, en particulier pendant les mois d'été. La quantité de chaleur radiante absorbée par le pelage de l'animal est en partie déterminée par la couleur, la longueur et les conditions de ses poils. La lumière de la partie infra-rouge invisible du rayonnement solaire est complètement absorbée indépendamment de la couleur du pelage, mais la partie visible du rayonnement est absorbée par le pelage des animaux en fonction de sa couleur (Walsberg., 1983). La pénétration du pelage par les rayons solaires est fonction non seulement de la couleur mais aussi de la structure de la robe (Hutchinson et Brown, 1969).

De cette relation, on peut déduire que lorsque les bovins européens sont transférés des climats tempérés vers les régions subtropicales, des problèmes d'adaptation surviennent. Cependant, peu d'études ont rapporté des relations entre les caractères capillaires et la fertilité des vaches laitières importées, et l'association entre le lieu de naissance, les caractères des poils et les performances de reproduction.

La présente étude a examiné l'association entre les performances de reproduction des vaches importées et locales de deux races laitières et les caractéristiques du pelage en été, qui coïncide avec la période la plus chaude de la région subtropicale, en Algérie.

5.3. Matériels et méthodes

5.3.1. Animaux

Un total de 67 vaches Montbéliarde et 28 Fleckvieh ont été sélectionnées dans une ferme commerciale et utilisées dans cette étude, parmi lesquelles 31 vaches ont été importées et 64 sont nées localement. La détection de l'oestrus a été faite par observation visuelle et insémination par le service naturel. Après la traite du matin et du soir, les vaches étaient gardées libres avec des taureaux. Les dossiers individuels comprenaient le numéro d'identification de la vache, la date de naissance, la parité, les dates d'accouplement naturel, l'avortement et les dates de vêlage pour toutes les vaches. Par conséquent, le nombre de services par conception (SPC), l'intervalle entre le vêlage et le premier service (ICM) et d'intervalle de vêlage jusqu'à la conception (IC) pour toutes les vaches pendant la période de 2012 et 2013 ont été calculés. Des animaux ont été offerts pour couper les poils en même temps (août) lorsque les vaches étaient soumises à des conditions de stress thermique. Tous les animaux étaient logés dans une ferme industrielle couverte, sans système de refroidissement, ayant un libre accès à l'eau et aux mêmes conditions environnementales.

5.3.2. Caractéristiques morphologiques du pelage

La collecte des échantillons de poils de vaches individuelles a été effectuée en été à la fin d'août. Le pourcentage de la couleur blanche de la robe a été mesuré en prenant des photos des deux côtés de chaque animal en utilisant un appareil photo numérique (Becerril et Wilcox1992), puis transféré vers un logiciel spécial (IPWin32) pour calculé le pourcentage. Des échantillons de poils ont été prélevés au centre du thorax à environ 20 cm au-dessous de la ligne dorsale, le plus près possible de la peau, au moyen d'une tondeuse électrique de manière à pouvoir arracher tous les poils dans une zone de 1 cm² (DaSilva et al., 1988). Les échantillons de poils ont été stockés dans des enveloppes en plastique et envoyés au laboratoire pour des mesures de poils: Le poids des poils (mg / cm²) a été pesé avec une balance analytique; la longueur des cheveux (mm) a été prise comme la longueur moyenne des 20 poils les plus longs de l'échantillon en utilisant une fine règle métallique, selon la méthode de Udo, (1978); le nombre de poils (poils / cm²) a été obtenu par comptage direct de tous les poils présents dans l'échantillon; un micromètre oculaire de

microscope (Leica DM1000) a été utilisée pour mesurer les diamètres totaux et les diamètres médullaires (μm) des mêmes poils utilisés pour la mesure de la longueur.

5.3.3. Analyses statistiques

La moyenne et l'écart type ont été calculés et les tests de normalité (Kolmogorov-Smirnov) et d'homogénéité des variances (test de Levene) ont été effectués pour tous les paramètres. Toutes les variables jugées non normales ont été transformées par transformation logarithmique. Une méthode de classification non hiérarchique (VL) qui utilise la distribution des statistiques de tendances centrales est réalisée pour identifier les différentes classes de traits de poils (Sousa F., 2000, Brito et al., 2005).

Un test d'ANOVA à un facteur a été réalisé pour vérifier l'importance des différences entre les caractéristiques capillaires des races et des lieux de naissance. Pour estimer l'effet des caractéristiques du pelage sur les paramètres de reproduction (SPC, ICM, IC) pour chaque race (importée et née localement) durant la saison estivale, nous avons utilisé un modèle linéaire général (procédure GLM). La comparaison entre les moyennes a été effectuée par le test LSD (différence la moins significative). Toutes les analyses ont été effectuées par SPSS 21.

5.4. Résultats et discussion

5.4.1. Effet de la race et du lieu de naissance sur les caractéristiques des poils

Les résultats du tableau 5.1 ont montré une comparaison des caractères de poil entre les races et ont montré que les vaches MB importées étaient significativement plus blanches que les vaches importées FL, alors que le diamètre médullaire (DM) était significativement plus large pour les vaches FL nées localement. L'analyse comparative a montré que les vaches montbéliardes importées étaient plus blanches ($P < 0,05$) que leurs congénères nées localement, alors que les vaches FL importées étaient plus sombres que les vaches nées localement. Le diamètre médullaire a enregistré une tendance ($P < 0,05$) pour la race Montbéliarde et était plus mince chez les vaches nées localement, indiquant un effet probable du lieu de naissance sur la DM (tableau 5.2).

Tableau 5.1: Variabilité des caractéristiques des poils des vaches importées et nées localement

caractéristiques	Importées			Nées localement		
	Montbéliarde (18)	Fleckvieh (13)	P	Montbéliarde (49)	Fleckvieh (15)	P
C (%)	50,08±31,03	20,85±21,81	0,01*	31,45±26,43	46,00±33,52	0,16
W(mg/cm ²)	9,43±1,47	8,68±2,44	0,29	9,57±3,51	9,32±4,26	0,82
L(mm)	16,56±3,20	17,31±4,84	0,79	16,30±4,44	15,53±2,30	0,67
N(hair/cm ²)	380,72±70,37	403,38±166,87	0,84	416,88±106,68	418,47±94,58	0,96
HD (µm)	87,94±0,99	85,54±0,68	0,46	84,20±1,20	89,13±1,03	0,15
MD (µm)	54,72±0,95	53,92±0,70	0,80	49,62±0,94	57,20±0,92	0,01*

C%: couleur de la robe; *W (mg/cm²)*: poids des poils; *L(mm)*: longueur des poils; *N (poils/cm²)*: nombre de poils par unité de surface; *HD(µm)*: diamètre des poils ; *MD(µm)*: diamètre médullaire.

Tableau 5.2: Variabilité des caractéristiques des poils des races MB et FL

Caractéristiques	Montbéliarde (67)			Fleckvieh (28)		
	Importées	Nées localement	P	Importées	Nées localement	P
C (%)	50,08±31,03	31,45±26,43	0,03*	20,85±21,81	46,00±33,52	0,04*
W (mg/cm ²)	9,43±1,47	9,57±3,51	0,64	8,68±2,44	9,32±4,26	0,86
L (mm)	16,56±3,20	16,30±4,44	0,66	17,31±4,84	15,53±2,30	0,27
N(hair/cm ²)	380,72±70,37	416,88±106,68	0,19	403,38±166,87	418,47±94,58	0,51
HD (µm)	87,94±0,99	84,20±1,20	0,24	85,53±0,68	89,13±1,03	0,29
MD (µm)	54,72±0,95	49,62±0,94	0,06	53,92±0,70	57,20±0,92	0,34

C%: couleur de la robe; *W (mg/cm²)*: poids des poils; *L(mm)*: longueur des poils; *N (poils/cm²)*: nombre de poils par unité de surface; *HD(µm)*: diamètre des poils ; *MD(µm)*: diamètre médullaire.

5.4.2. Effet des caractéristiques des poils sur les performances de reproduction

Les caractéristiques de la robe n'ont pas eu d'effet sur les performances de reproduction des vaches importées FL ($P > 0,05$), à l'exception de la couleur de la robe, qui a affecté significativement ICM. Les vaches dont le pelage était plus foncé avaient un intervalle plus

court entre le vêlage et le premier accouplement (36 contre 86 jours) que les vaches blanches (tableau 5.3). Les vaches dont la couleur de la peau est pigmentée et foncée doivent avoir une plus grande capacité de refroidissement par évaporation (Lee et al., 2016), ce qui peut donc influencer leur capacité à se reproduire. En effet, une peau à haute pigmentation est mieux protégée contre les radiations à ondes courtes et, par conséquent, les lésions et les tumeurs dues au coup de soleil, selon Silva (1999). Cependant, pour les poils de race MB, le diamètre total des vaches importées ($<89,5$; $> 89,5 \mu\text{m}$) est relativement plus élevé que celui rapporté par Bertipaglia (2005) pour la race Holstein (<55 ; $55-65$; $> 65 \mu\text{m}$). Les vaches ayant un grand diamètre de poils ont enregistré un intervalle significativement réduit entre le vêlage et la conception (82 vs 155 jours), comparativement aux vaches ayant un diamètre de poils plus mince. Le plus grand diamètre de poils, selon Maia et al., (2003), est un avantage dans les environnements chauds. Comme les animaux sont plus aptes à perdre leur chaleur excédentaire, ils souffrent moins de certaines perturbations physiologiques telles que la réduction de l'activité hypothalamique, ce qui peut réduire les concentrations d'hormones thyroïdiennes (Pugh 2002, Marai et al., 2007). Ces hormones influent sur la capacité de thermogenèse et jouent un rôle important dans certaines fonctions physiologiques liées à la croissance, à l'efficacité reproductive et à la production laitière (West 2003, Al-Haidary 2004). L'effet significatif du diamètre total des poils sur la fertilité de la race MB est probablement la conséquence du stress thermique en Algérie.

Des paramètres de fertilité significativement améliorés ont également été observés pour les poils plus foncés des vaches nées localement (tableau 5.4). Le rayonnement solaire augmente considérablement la charge thermique de l'environnement sur l'animal pendant les mois d'été (Spiers, 2012). La couleur des poils de la robe (c'est-à-dire la réflectivité fractionnée du pelage) était directement liée à la quantité de rayonnement absorbé ou réfléchi, et donc à l'échange de chaleur entre l'animal et son environnement (Gerken, 2010). Il existe des preuves, lors de l'exposition directe au soleil, une couche sombre absorbe plus d'énergie de la partie visible du rayonnement solaire que la couche claire, tandis qu'en l'absence de rayonnement solaire direct, l'énergie de la partie invisible (infrarouge) est complètement absorbé indépendamment de la couleur de la robe (Da Silva et al, 2003, McManus et al, 2011). Dans notre étude, l'efficacité du refroidissement évaporatif de la surface de la peau est assurée par les caractéristiques physiques et optiques de la couche: avec une faible densité de poils aide l'évaporation de l'eau de la surface de la

peau en ne retenant pas la couche d'eau à l'interface de la peau et des poils. Le pelage noir est moins dense, court et épais en raison des exigences accrues de dissipation de la chaleur, tandis que le pelage blanc est plus dense et plus poilu, offrant une meilleure protection contre la lumière directe du soleil (Maia et al, 2003). Physiologiquement, la plus grande efficacité du refroidissement évaporatif chez les vaches plus sombres a probablement amélioré leur capacité d'adaptation et de reproduction (Gebremedhin et al., 2007; Hillman et al., 2001), la température maximale de la robe noire était à la surface extérieure, tandis que la température maximale pour la robe blanche était plus profonde dans la couche de poils, ce qui nuit à la protection contre les rayonnements (Gebremedhin et Hillman, 1997).

Pour les vaches FL nées localement, la densité des poils a également affecté significativement SPC; les vaches ayant un pelage dense ont enregistré un nombre plus élevé de service par conception (2,86 contre 1,13) que les vaches ayant un pelage dense et peu dense. Les poils fonctionnent comme un régulateur de température en association avec les muscles de la peau. Si la température extérieure est froide, ces muscles tirent les mèches de poils vers le haut, créant des poches qui emprisonnent l'air. Cet air piégé fournit une couche chaude et isolante à côté de la peau. Si la température extérieure est chaude, les muscles se détendent et les poils s'aplatissent contre le corps, libérant l'air emprisonné. Mais, des recherches contradictoires ont été rapportées sur la densité des poils et les différences de densité entre les poils d'été et d'hiver (Mc Clanahan, 2007).

Kaszowski et al. (1970) ont rapporté que, chez le vison, le pelage d'été est plat en raison du manque de densité et que le vison développe un pelage d'hiver dense. De même, Bertipaglia et al. (2005) ont signalé que les bovins ayant des pelages épais et denses étaient plus vulnérables au stress thermique et à la fertilité, comparativement à ceux dont les pelages fins favorisaient une plus grande évaporation à travers la couche. Mais Gebremedhin et Hillman (1997) ont également suggéré l'importance du nombre de poils par unité de surface pour protéger l'épiderme contre le rayonnement ultraviolet.

Pour les MB nés localement, la fertilité des vaches était significativement affectée par la longueur des poils. Les individus avec des poils longs (longueur > 15 mm) ont enregistré des intervalles plus courts entre le vêlage et la conception (74,5 vs 98 jours) et un plus faible nombre de SPC (1,67 vs 2,28) que les vaches à poil court.

Sous le stress thermique de la saison chaude, les poils plus longs avec des couches plus denses, des poils plus épais ont souligné la possibilité de transfert thermique à travers le pelage parce que la valeur de la conductivité thermique effective de la couche de poils était plus grande.

Tableau 5.3: Effets des caractéristiques du pelage des vaches importées sur les paramètres de reproduction

Effets	Montbéliarde (18)			Effets	Fleckvieh (13)		
	SPC	ICM(jours)	IC (jours)		SPC	ICM(days)	IC (days)
Couleur de la robe (%)							
coloré (≤62)	2,33±1,80	84,29±34,58	115,29±54,19	coloré(≤13)	1,17±0,41	36,25±8,77 ^a	41,50±19,12
blanc (>62)	2,44±1,51	53,75±24,28	97,00±50,48	blanc(>13)	1,00±0,00	86,40±50,19 ^b	86,40±50,19
P-valeur	0,72	0,16	0,60	P-valeur	0,34	0,04*	0,09
Poids des poils (mg/cm²)							
léger (≤9,6)	2,44±1,74	79,00±32,22	113,71±57,94	léger (≤9)	1,43±1,13	64,17±37,64	78,17±56,50
lourd(>9,6)	2,33±1,58	63,00±38,45	99,75±42,74	lourd (>9)	1,17±0,41	68,50±54,95	73,75±53,44
P-valeur	0,56	0,51	0,67	P-valeur	0,74	0,99	0,94
Longueur des poils (mm)							
court (≤16)	2,50±1,72	79,44±33,40	113,44±52,89	court (≤16)	1,43±1,13	72,80±35,80	89,60±55,49
Long(>16)	2,25±1,58	45,00±21,21	87,00±50,91	Long(>16)	1,17±0,41	59,00±51,43	63,20±51,27
P-valeur	0,75	0,21	0,54	P-valeur	0,74	0,37	0,35
Densité des poils (poils/cm²)							
faible(≤370)	2,33±1,73	70,20±32,17	109,00±43,98	faible(≤330)	1,57±1,13	76,86±46,94	91,86±56,03
élevé(>370)	2,44±1,59	75,67±37,67	108,33±60,63	élevé(>330)	1,00±0,00	40,33±8,96	40,33±8,96
P-valeur	0,59	0,13	0,32	P-valeur	0,21	0,22	0,16
Diamètre total (µm)							
mince(≤89,5)	2,56±1,81	60,29±30,03	82,00±31,45 ^a	mince (≤83)	1,00±0,00	57,60±41,53	57,60±41,53
Large(>89,5)	2,22±1,48	95,75±30,02	155,25±46,64 ^b	Large(>83)	1,67±1,21	74,20±46,36	95,20±59,46
P-valeur	0,66	0,09	0,01*	P-valeur	0,14	0,35	0,28
Diamètre médullaire(µm)							
mince (≤54)	1,91±1,30	78,00±36,00	103,13±49,57	mince(≤56)	1,00±0,00	69,33±53,93	69,33±53,93
Large(>54)	3,14±1,86	60,33±27,93	123,33±63,36	Large(>56)	1,57±1,13	64,43±41,47	79,43±55,59
P-valeur	0,15	0,47	0,59	P-valeur	0,21	0,96	0,79

SPC: nombre de services par conception; **ICM:** intervalle entre le vêlage et le premier accouplement; **IC:** intervalle entre le vêlage et la conception; * **P** < 0,05;

Tableau 5.4: Effets des caractéristiques du pelage des vaches nées localement sur les paramètres de reproduction

Effets	Montbéliarde (18)			Effets	Fleckvieh (13)		
	SPC	ICM	IC		SPC	ICM	IC
Coat color (%)							
coloré ≤30	2,04±1,55	63,40±30,66	94,90±67,98	coloré(≤37,5)	1,00±0,00	71,40±27,20	71,40±27,20
blanc>30	1,83±1,47	54,90±19,18	70,95±40,20	blanc(>37,5)	3,00±1,58	134,00±11,31	176,00±70,71
P-valeur	0,43	0,24	0,11	P-valeur	0,01*	0,04*	0,02*
Poids des poils (mg/cm²)							
léger≤9	1,80±1,61	58,41±29,40	78,45±64,58	léger≤9	1,63±1,41	77,33±36,43	77,33±36,43
lourd>9	2,17±1,46	65,70±33,29	97,25±62,37	lourd>9	2,29±1,38	104,25±36,07	125,25±71,96
P-valeur	0,41	0,36	0,27	P-valeur	0,28	0,27	0,20
longueur des poils (mm)							
court (≤15)	2,28±1,93 ^a	67,87±37,81	98,04±78,81 ^a	court (≤16)	2,14±1,35	86,33±48,23	114,33±96,72
Long(>15)	1,67±0,92 ^b	54,63±18,99	74,53±35,60 ^b	Long(>16)	1,75±1,49	88,86±35,62	88,86±35,62
P-valeur	0,02*	0,10	0,03*	P-valeur	0,45	0,91	0,77
Densité des poils (poils/cm²)							
faible ≤400	1,80±1,55	60,52±30,62	82,43±65,61	faible≤436	1,13±0,35 ^a	82,67±34,65	82,67±34,65
élevé>400	2,17±1,52	63,53±32,53	93,42±62,03	élevé>436	2,86±1,57 ^b	96,25±44,09	117,25±79,18
P-value	0,77	0,67	0,63	P-valeur	0,01	0,63	0,47
Diameter total (μm)							
mince(≤85)	1,56±1,08	61,09±31,73	73,87±54,04	mince(≤89)	2,00±1,60	86,83±31,77	86,83±31,77
Large(>85)	2,42±1,82	62,84±31,26	103,79±71,35	Large(>89)	1,86±1,21	90,00±49,02	111,0±84,13
P-valeur	0,35	0,90	0,56	P-valeur	0,83	0,90	0,83
Diamètre médullaire (μm)							
mince(≤49)	1,52±0,98	60,79±30,47	72,17±48,70	mince(≤56)	2,00±1,50	86,83±31,77	86,83±31,77
Large(>49)	2,55±1,90	63,33±32,85	107,72±75,79	Large(>56)	1,83±1,33	90,00±49,02	111,00±84,13
P-valeur	0,59	0,68	0,23	P-valeur	0,83	0,90	0,83

SPC: nombre de services par conception; **ICM:** intervalle entre le vêlage et le premier accouplement; **IC:** intervalle entre le vêlage et la conception; * **P** < 0.05;

5.5. Conclusion

Notre étude a étudié la relation entre les performances des poils et de la reproduction des races Montbéliarde et Fleckvieh pendant la saison chaude. Les résultats ont montré que les performances de reproduction étaient liées à la couleur de la robe pour la race FL et au lieu de naissance, à la longueur des poils et au diamètre total pour le MB. Les poils colorés des

vaches FL avaient une reproduction plus efficace en saison chaude; les vaches MB importées avec un diamètre de poil mince et des vaches nées localement avec de longs poils avaient de meilleures performances de reproduction. Nos résultats suggèrent que les caractères des poils peuvent être utilisés pour sélectionner des animaux plus adaptés aux climats chauds et résilients.

5.6. References

- Al-Haidary AA. 2004.** Physiological responses of Naimey sheep to heat stress challenge under semi-arid environments. *Int J Biol.* 6:307–309.
- Becerril CM, Wilcox CJ. 1992.** Determination of percentage of coat color from registry certificates in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 75:3582-3586.
- Bertipaglia, E.C.A., DaSilva, R.G., Maia, A.S.C. 2005.** Fertility and hair coat characteristics of Holstein cows in a tropical environment. *Anim. Reprod.* 2, 187 – 194.
- Bertipaglia, E. C. A., DaSilva, R.G., Cardoso, V., Fries, L.A., 2007.** Hair coat characteristics and sweating rate of Braford cows in Brazil. *Livest. Sci.* 112, 99–108.
- Brinkmann L., Gerken M., Riek A. 2012.** Adaptation strategies to seasonal changes in environmental conditions of a domesticated horse breed, the Shetland pony (*Equus ferus caballus*). *The Journal of Experimental Biology* 215, 1061-1068.
- Brito P., Sousa F., Tavares Pinto S., 2005.** VL Models in Non-Hierarchical Classification. Reports of the 12th Meeting of the Société Francophone de Classification
- DaSilva, R.G., Arantes Neto, J.G., Holtz-Filho, S.V., 1988.** Genetic aspects of the variation of the sweating rate and coat characteristics of Jersey cattle. *Braz. J. Genet.* 11, 335– 347.
- Da Silva RG, La JrN, Scala and Tonhati H 2003.** Radiative properties of the skin and hair coat of cattle and other animals. *Transaction ASAE* 46:913-918.
- Gebremedhin KG, Hillman PE, Lee CN, Collier RJ. 2007.** Sweating rate of dairy cows under shade and sunny environments. Minneapolis: ASABE; paper # 074083.
- Gebremedhin KG, Hillman PE. 1997.** Modelling temperature profile and heat flux through irradiated fur layer. *Transac ASABE.*; 40(5):1441 – 7.

- Gerken M 2010.** Relationships between integument characteristics and thermoregulation in South American camelids. *Animal* 4:1451-1459
- Hillman PE, Lee CN, Carpenter JR, Baek KS, Parkhurst A. 2001.** Impact of hair coat on thermoregulation of dairy cows to direct sunlight. Sacramento: ASABE; paper # 014031.
- Hutchinson, J.C.D. and Brown, G.B., 1969.** Penetration of cattle coats by radiation. *J. Appl. Physiol.*, 26: 454-464.
- Kaszowski, S., C. C. Rust, and R. M. Shackelford. 1970.** Determination of hair density in the mink. *J. Mammalogy*. 51:27-34.
- Lee C. N., Baek K. S., Parkhurst A. 2016.** The impact of hair coat color on longevity of Holstein cows in the tropics. *Journal of Animal Science and Technology* .58:41.
- Maia ASC, Silva RG, Bertipaglia ECA. 2003.** Características do pelame de vacas Holandesas em um ambiente tropical: um estudo genético e adaptativo. *Rev Bras Zootec*, 32:843-853.
- McClanahan L K. 2007.** Hair coat and steroidal implant effects on steers grazing endophyte-infected tall fescue during the summer. thesis Master of Science at the University of Kentucky 57 p
- McManus C, Louvandini H, Gugel R, Sasaki LCB, Bianchini E, Bernal FEM, Paiva SR and Paim TP 2011.** Skin and coat traits in sheep in Brazil and their relation with heat tolerance. *Tropical Animal Health and Production* 43:121-126.
- Pugh DG. 2002.** Sheep and goat medicine. Philadelphia, PA: Elsevier; 468
- Silva RG. 1999.** Estimativa do balanço térmico por radiação em vacas Holandesas expostas ao sol e à sombra em ambiente tropical. *Rev Bras Zootec*, 6:1403-1411.
- Sousa F., 2000.** Novas Metodologias em Classificação Hierárquica Ascendente, Thèse de Doctorat, Faculté de Sciences et Technologie, Université Nouvelle de Lisbonne.
- Spiers DE 2012.** Physiological basics of temperature regulation in domestic animals. In: *Environmental Physiology of Livestock*, pp: 17-34. J. Collier and J.L. Collier (eds.). John Wiley and Son, USA.

- Udo, H.M., 1978.** Hair coat characteristics in Friesian heifers in the Netherlands and Kenya. Meded. Landbouwhoges. Wageningen vol.78–6.Veenman & Zonen, Wageningen. 135pp.
- Walsberg, G. E. (1983).** Coat color and solar heat gain in animals. Bioscience 33, 88-91
- West JW. 2003.** Effects of heat-stress on production in dairy cattle. J Dairy Sci. 86:2131–2144.

CHAPITRE 6

CARACTERISTIQUES DE PELAGE
ET ANALYSE DE CORTISOL DES POILS
COMME INDICATEURS DE FERTILITE
CHEZ LES VACHES LITIERES

CHAPITRE 6 : CARACTERISTIQUES DE PELAGE ET ANALYSE DE CORTISOL DES POILS COMME INDICATEURS DE FERTILITE CHEZ LES VACHES LAITIERES

6.1. Résumé

Ce chapitre reprend les données publiées dans un article intitulé «**Hair characteristics and cortisol hair analysis as indicators of fertility in dairy cows** » publié dans la revue *Livestock Research for Rural Development* (**LRRD, 30 (3) 2018**).

Notre étude étudie la relation entre les caractéristiques des poils, le niveau de cortisol des poils et la fertilité de 28 vaches Fleckvieh et de 67 vaches Montbéliarde pendant la saison chaude et froide dans une ferme commerciale. Les caractéristiques suivantes ont été mesurées: poids des poils (W), longueur des poils (L), diamètre des poils (HD), diamètre médullaire des poils (MD), nombre de poils par unité de surface (N), pourcentage de la couleur blanche de la robe (C%) et le niveau de cortisol des poils (C). Les paramètres de fertilité ont été estimés: intervalle entre le vêlage et le premier service (ICS), les services par conception (SPC) et l'intervalle entre le vêlage et la conception (IC). Chez la race Montbéliarde, la HD était négativement corrélée à la SPC en hiver ($r = -0,34$, $p = 0,01$), ce qui indique que les vaches montbéliardes, avec un grand diamètre total des poils, nécessitaient une réduction du nombre de SPC, alors qu'en été, les caractéristiques de pelage ne sont pas corrélées avec tous les paramètres de fertilité. Chez les vaches Fleckvieh, la couleur de la robe était corrélée avec ICS et IC ($r = 0,67$, $p = 0,02$; $r = 0,60$, $p = 0,04$, respectivement) pendant l'été et avec SPC en hiver ($r = 0,86$, $p = 0,01$). Aucune association entre le niveau de cortisol des poils et la fertilité n'a été observée. La proportion de la couleur blanche de la robe chez les vaches Fleckvieh a significativement affecté la fertilité. Ces résultats indiquent que les paramètres d'efficacité de reproduction étaient liés aux caractéristiques du pelage; cette association était plus exprimée à la race Fleckvieh qu'à la race Montbéliarde. Il existe également la possibilité de sélectionner des animaux plus adaptés à nos régions à climat chaud: les vaches Montbéliarde avec de larges diamètres de poils, les vaches Fleckvieh avec une grande surface blanche de la robe.

Mots-clés: poil, saison chaude, saison froide, Algérie.

6.2. Introduction

Le stress thermique peut réduire la fertilité chez les bovins (Ealy et al 1993, Ryan et al 1992). Le mécanisme par lequel le stress thermique engendre la mortalité embryonnaire est multifactoriel, car le stress thermique peut modifier plusieurs aspects de la physiologie de la reproduction, notamment le flux sanguin vers l'appareil reproducteur (Roman-Ponce et al 1977) et les concentrations de stéroïdes ovariens; de même, l'augmentation des températures de culture peut compromettre le taux de fécondation. Pour mieux préciser les adaptations physiologiques des vaches laitières dans le climat semi-aride, il a semblé intéressant de suivre la reproduction des vaches et les modifications de l'activité du glucocorticoïde surrénalien par rapport à l'axe au cours d'un cycle hypophyso-gonadique reproducteur. Les caractéristiques de surface corporelle du bétail sont d'une grande importance quant aux relations entre les animaux et leur ambiance. Dans les régions semi-arides, les animaux doivent être capables de dissiper l'excès de chaleur à travers la peau et à partir des surfaces respiratoires. En même temps, ils doivent éviter l'énergie thermique provenant de l'environnement. Les propriétés protectrices dépendent des caractéristiques morphologiques de la peau (couleur) et du poil (épaisseur, nombre de poils par unité de surface, diamètre des poils, longueur des poils), qui permettent d'échanger de la chaleur avec l'environnement (DaSilva 2000). Par conséquent, le progrès génétique vers un poil, adapté aux environnements chauds, pourrait être une stratégie pour améliorer la fonction reproductrice des vaches en Algérie. La présente étude portait sur la relation entre les caractéristiques du pelage, le niveau de cortisol des poils et la reproduction des vaches Fleckvieh et Montbéliarde pendant deux saisons, chaudes (été) et froides (hiver).

6.3. Matériels et méthodes

6.3.1. Animaux

Ce travail a été réalisé d'août 2012 à août 2013 sur 95 vaches laitières comprenant deux races, 28 Fleckvieh et 67 vaches Montbéliarde élevées dans une exploitation laitière commerciale. Les animaux étaient des vaches primipares et multipares et à différents stades du cycle de reproduction, sans aucun signe visible de maladie clinique. Les vaches ont été séparées en deux groupes selon le mois d'accouplement. La détection de l'oestrus a été faite par les taureaux et la monte naturel a été préférée par l'éleveur. Les fiches individuelles comprenaient le numéro d'identification de la vache, la parité, les dates des

services naturels et les dates de vêlage pour toutes les vaches. Trois paramètres de fertilité ont été estimés: intervalle entre le vêlage et le premier service (ICS), l'intervalle de vêlage jusqu'à la conception (IC) et le nombre de services par conception (SPC).

6.3.2.Échantillonnage et caractéristiques morphologiques du pelage

Des mesures du pourcentage de la couleur de blanche de la robe (C%) ont été effectuées et un échantillonnage des cheveux a également été effectué. Pour obtenir le pourcentage de couleur blanche par rapport à la surface corporelle, des images ont été prises à l'aide d'un appareil photo numérique. Ensuite, les images ont été transférées à un logiciel spécial (IPWin32) pour estimer, au même grossissement, des deux côtés de chaque animal, sauf la queue, la tête, les jambes et les régions abdominales, selon la méthode de Becerril et Wilcox (1992).

Des échantillons de poils ont été prélevés au centre du thorax de chaque animal à environ 20 cm en dessous de la ligne dorsale au moyen d'une tondeuse électrique adaptée de manière à ce que tous les poils dans une zone de 1 cm² puissent être arrachés (DaSilva et al 1988; Silva 2000a). Les échantillons de cheveux ont été stockés dans des enveloppes en plastique et des mesures [poids des poils (W), longueur des poils (L); nombre de poils par unité de surface (N), diamètre total des poils (HD), diamètre médullaire des poils (MD)] ont été mesurés plus tard au laboratoire. La longueur moyenne des poils (mm) de chaque échantillon a été calculée à partir des 20 plus longs poils de l'échantillon en utilisant une fine règle métallique, selon la méthode de Udo (1978); le nombre de poils (poils / cm²) a été obtenu par comptage direct de tous les poils présents dans l'échantillon; un micromètre oculaire de microscope (Leica DM1000) a été utilisée pour mesurer les diamètres totaux et les diamètres médullaires des poils (µm) des mêmes poils utilisés pour la mesure de la longueur, à environ 10 µm de la racine des poils.

6.3.3. Analyse hormonale

Des échantillons de poils ont été prélevés de l'omoplate (épaule) en août et en février respectivement pour les saisons d'été et d'hiver. Sur la peau, le taux de croissance des poils est compris entre 0,2 mm / jour et 1,12 mm / jour ou entre 6 et 33,5 mm / mois (Harkey 1993). Afin d'éviter l'effet du stress de vêlage sur le niveau de cortisol, seuls les animaux ayant vêlé plus d'un mois avant l'échantillonnage des cheveux ont été inclus dans l'étude. Les échantillons de poils ont été stockés dans des conditions sèches à température

ambiante dans l'obscurité, jusqu'à l'analyse. Pour préparer les échantillons, 250 mg de poils ont été pesés et lavés deux fois dans des tubes en polypropylène de 9 ml contenant 5 ml de méthanol (Sigma-Aldrich), comme proposé par Davenport et al (2006), puis mélangés doucement sur rotateur à température ambiante pendant 3 min par lavage. Les poils ont ensuite été laissés sécher pendant environ 5 jours (Paulsen et al 2001), puis pesés et émincés en morceaux de 3-4 mm avec des ciseaux fins. Pour extraire le cortisol, 50 mg de poils ont été placés dans une fiole de verre avec 3 ml de méthanol pendant 18h à 37 ° C. Les échantillons ont ensuite été centrifugés (15 min / 1000 tr / min) dans une centrifugeuse (Hettich EBA 20) comme suggéré par Comin et al (2013), et le surnageant recueilli et transféré dans un tube à essai en verre. Le surnageant (0,6 ml) a été prélevé par le haut et une partie a été séchée en utilisant un bain sec SBH200D / 3 Stuart à 37 ° C (Davenport et al 2006, Bennett et Hayssen 2010) et reconstitué avec 0,3 ml de tampon phosphate. Les échantillons ont été analysés pour le cortisol en utilisant un dosage immuno-enzymatique (ELISA) (Human), en double, disponible dans le commerce. Le CV moyen inter et intra-essai était de 4,65% et 9,86%, respectivement.

6.3.4. Analyses statistiques

La moyenne et l'écart type ont été calculés et le test de normalité (Kolmogorov-Smirnov) a été effectué pour tous les paramètres. La corrélation a été utilisée pour estimer la relation entre les caractéristiques du pelage, la concentration de cortisol des poils et les paramètres de reproduction en utilisant la corrélation de Pearson, et le rang de corrélation de Spearman lorsque les variables n'étaient pas normalement distribuées. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SPSS, version 21.

6.4. Résultats

Les changements dans les caractéristiques des poils et la concentration de cortisol sont résumés dans le tableau 1 et 2. En été (tableau 1), les vaches Fleckvieh présentaient un pelage de faible densité (394 cheveux / cm²); des poils plus longs (16,5 mm); grand diamètre des poils et de la moelle (88,5, 57,5 µm respectivement) et couche colorée (32,6%). Cependant, les vaches de Montbéliarde ont présenté un poil blanc (42,5%), des poils courts (15,8 mm) et de nombreux poils (415 poils / cm²) peu de poil et un diamètre de poil médullaire (83,8 et 49,5 µm respectivement). La concentration en cortisol des cheveux des deux races était comparable durant cette saison (tableau 6.1).

Selon le tableau 6.2, le phénotype des vaches (Montbéliarde et Fleckvieh) de la saison d'hiver se caractérisait par une diminution par rapport à la saison chaude, de la densité des cheveux et la concentration en cortisol avec une concentration plus élevée à Fleckvieh ($16,1 \pm 3,0$ ng / ml).

Tableau 6.1: Variabilité estivale des caractéristiques du pelage et de la concentration de cortisol pour Fleckvieh et Montbéliarde

	Montbéliarde (32)		Fleckvieh (17)	
	Moyenne	SE	Moyenne	SE
C (%)	42.5	5.4	32.6	8.5
W (mg/cm ²)	9.19	0.39	9.32	0.94
L (mm)	15.8	0.5	16.5	1.1
N (poils/cm ²)	415	19	394	21
HD (μm)	83.8	0.2	88.5	0.2
MD (μm)	49.5	0.2	57.5	0.2
Cortisol (ng/ ml)	17.4	0.8	18.4	0.1

C%: couleur de la robe; W (mg/cm²): poids des poils; L(mm): longueur des poils; N (poils/cm²): nombre des poils par unité de surface; HD(μm): diamètre des poils ; MD(μm): diamètre médullaire.

Tableau 6.2: Variabilité hivernale des caractéristiques du pelage et de la concentration de cortisol pour Fleckvieh et Montbéliarde

	Montbéliarde (35)		Fleckvieh (11)	
	Moyenne	SE	Moyenne	SE
C (%)	31.2	4.6	31.8	10.1
W (mg/cm ²)	11.6	0.8	11.4	1.7
L (mm)	25.6	1.0	26.1	2.0
N (poils/cm ²)	390	20	385	36
HD (μm)	89.2	0.2	89.6	0.4
MD (μm)	52.8	0.1	53.6	0.3
Cortisol(ng/ ml)	14.3	0.7	16.1	3.0

C%: couleur de la robe; W (mg/cm²): poids des poils; L(mm): longueur des poils; N (poils/cm²): nombre des poils par unité de surface; HD(μm): diamètre des poils ; MD(μm): diamètre médullaire.

Le tableau 6.3 présente les corrélations entre les caractéristiques des poils en été et en hiver des races Montbéliarde et Fleckvieh et les paramètres d'efficacité de la reproduction. Pour

la race Montbéliarde, la HD était négativement corrélée à la SPC ($r = -0,34$, $p < 0,05$) en hiver, indiquant que les vaches montbéliardes, avec un grand diamètre total des poils, nécessitaient une réduction du nombre de SPC, tandis qu'en été, les caractéristiques de pelage ne sont pas corrélées avec tous les paramètres de fertilité. Chez les vaches Fleckvieh, la couleur du pelage a été corrélée avec ICS et IC ($r = 0,67$, $p < 0,05$, $r = 0,60$, $p < 0,05$ respectivement) durant l'été, tandis qu'une association a été observée seulement entre C% et SPC ($r = 0,86$, $p = 0,01$) en hiver.

Tableau 6.3: Corrélation entre les caractéristiques du pelage et les paramètres de reproduction en été et en hiver

Caractéristiques	Montbéliarde			Fleckvieh		
	SPC	ICS	IC	SPC	ICS	IC
Saison d'été						
C (%)	0.14	-0.11	0.17	0.28	0.67*	0.60*
W (mg/cm ²)	0.15	0.07	0.20	0.17	0.03	-0.00
L (mm)	0.06	0.01	0.16	-0.31	-0.20	-0.32
N (poils/cm ²)	-0.01	-0.07	-0.21	0.07	0.13	0.04
HD (μ m)	0.19	0.08	0.40	-0.11	0.24	0.29
MD (μ m)	0.25	0.04	0.36	-0.04	0.19	0.24
Cortisol (ng / ml)	0.06	0.24	0.22	-0.37	-0.46	-0.47
Saison d'hiver						
C (%)	-0.03	-0.34	-0.29	0.86**	0.39	0.39
W (mg/cm ²)	0.08	0.22	0.18	0.02	0.28	0.28
L (mm)	-0.06	0.02	-0.08	0.25	0.60	0.60
N (poils/cm ²)	-0.16	0.00	-0.13	-0.38	0.32	0.32
HD (μ m)	-0.34*	-0.10	-0.25	0.29	0.41	0.41
MD (μ m)	-0.07	-0.14	-0.10	0.21	0.37	0.37
Cortisol (ng / ml)	0.04	0.21	0.17	0.18	0.15	0.15

SPC: Nombre de services par conception; **ICS:** Intervalle entre le vêlage et le premier service; **IC:** Intervalle de vêlage jusqu'à la conception, *corrélation significative à $P < 0.05$.

6.5. Discussion

L'erreur moyenne et standard globale des caractéristiques de pelage, a montré que les vaches avaient une grande proportion de poils blancs et avaient une mince couche avec des

poils courts et beaucoup de cheveux par cm^2 en été et le contraire en hiver. Bertipaglia et al (2005) ont rapporté des couches de Holstein ayant une faible épaisseur moyenne (2,64 mm), une faible densité (1050 cheveux / cm^2), avec des poils courts (12,8 mm) et épais (63 μm); ces résultats ont été interprétés comme indiquant une adaptation réussie aux conditions chaudes dans l'État de São Paulo, au Brésil.

Les résultats indiquent que les paramètres d'efficacité de reproduction sont liés aux caractéristiques du pelage. La couverture de la robe affecte la régulation de la température et la fertilité des races du climat tempéré lorsqu'elles sont transposées dans des régions à climat chaud (Turner, 1964). Nos résultats ont également montré que les vaches Fleckvieh présentaient une corrélation significative entre la couleur de la robe et ICS et IC respectivement pendant l'été, en plus d'une association entre C% et SPC en hiver. D'autre part, les vaches montbéliardes, avec un grand diamètre total de poils, ont nécessité un nombre réduit de SPC pour être gestantes, tandis qu'en été, les caractéristiques de pelage n'étaient pas corrélées avec tous les paramètres de fertilité. L'association était plus exprimée pour Fleckvieh que pour la race Montbéliarde. Les vaches Fleckvieh portant un pelage de couleur claire présentaient une fertilité plus faible, en particulier pendant la saison chaude et sèche. Becerril et al (1993) ont observé un coefficient de régression négatif, mais non significatif, pour les vaches Holstein élevées sous le climat subtropical, tandis que King et al (1988) ont observé que les vaches Holstein blanches nécessitaient moins de services par conception jours que les vaches noires. Mais Maia et al (2003) ont montré que les traits de la fourrure noire étaient différents de ceux de la fourrure blanche. La fourrure noire était moins dense, avec des fibres de cheveux plus courtes et plus courtes afin de faciliter la dissipation de la chaleur, tandis que la fourrure blanche était plus dense avec des poils plus longs, ce qui favorisait la protection contre le rayonnement solaire direct. Les différences dans les conditions environnementales et la gestion étaient probablement les causes des différences signalées.

6.6. Conclusion

- L'étude de la relation entre le niveau de cortisol des poils, et la fertilité des vaches Montbéliarde et Fleckvieh en zone semi-aride montre que les vaches avec des poils plus épais pendant la saison froide étaient associées à un meilleur nombre d'accouplements par conception pour la race Montbéliarde. La différence a

probablement été générée par la capacité des vaches à être plus adaptées à la saison froide, bien que le coefficient de corrélation soit modéré.

- Les vaches Fleckvieh portant un pelage de couleur claire présentaient une fertilité plus faible, en particulier pendant la saison chaude et sèche.
- Nos résultats suggèrent la possibilité d'incorporer certaines caractéristiques du poils chez les animaux de sélection pour faciliter leur adaptation à ce type d'environnement local. Les caractéristiques à sélectionner ici pourraient être: vaches Montbéliardes avec de grands diamètres de poils, vaches Fleckvieh avec une petite surface blanche pour la meilleure performance de reproduction.

6.7. Reconnaissance

Les auteurs reconnaissent les efforts de tout le personnel de la ferme qui a épargné leur temps précieux et participé pleinement à la collecte de données sans laquelle ce travail n'aurait pas été possible.

6.8. References

Becerril C M, Wilcox C J, Lawlor T J, Wiggans G R and Webb D W 1993 Effects of percentage of white coat color on Holstein's production and reproduction in a subtropical environment. *J Dairy Sci*, 74:2286-2291

Becerril C M and Wilcox C J 1992 Determination of percentage of coat color from registry certificates in Holsteins. *J. Dairy Sci*, 75:3582-3586. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78135-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78135-1)

Bennett A and Hayssen V 2010 Measuring cortisol in hair and saliva from dogs: Coat color and pigment differences. *Domest. Anim. Endocrinol.* 39:171–180. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2010.04.003>

Bertipaglia E C A, DaSilva R G and Maia A S C 2005 Fertility and hair coat characteristics of Holstein cows in a tropical environment. *Anim. Reprod.* 2, 187 – 194.

Comin A, Peric T, Corazzin M, Veronesi M C C, Meloni T, Zufferli V, Cornacchia G and Prandi A 2013 Hair cortisol as a marker of hypothalamic-pituitary-adrenal axis

activation in Friesian dairy cows clinically or physiologically compromised. *Livestock Science* 152, 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.11.021>

DaSilva R G 2000 Introdução à Bioclimatologia Animal[Introduction to Animal Bioclimatology]. Nobel-FAPESP,São Paulo. 286pp.

DaSilva R G, Arantes Neto J G and Holtz-Filho S V 1988 Genetic aspects of the variation of the sweating rate and coat characteristics of Jersey cattle. *Braz. J. Genet.* 11, 335 – 347.

Davenport M D, Tiefenbacher S, Lutz CK, Novak M A and Meyer J S 2006 Analysis of endogenous cortisol concentrations in the hair of rhesus macaques', *General and Comparative Endocrinology*, vol. 147, pp. 255-261. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2006.01.005>

Ealy D, Drost M and Hansen P J 1993 Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. *Journal of Dairy Science*; 76:2899-2905.

Harkey M R 1993 Anatomy and physiology of hair. *Forensic Sci. Int.*; 63:9–18.

King V L, Denise S K, Armstrong D V, Torabi M, Wiersma F 1988 Effects of a hot climate on the performance of first lactation Holstein cows grouped by coat color. *J Dairy Sci*, 71:1093-1096. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79657-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79657-5).

Maia A S C, Silva R G and Bertipaglia E C A 2003 Características do pelame de vacas Holandesas em um ambiente tropical: um estudo genético e adaptativo. *Rev Bras Zootec*, 32:843-853.

Paulsen R B, Wilkins D G, Slawson M H, Shaw K and Rollins D E 2001 Effect of four laboratory decontamination procedures on the quantitative determination of cocaine and metabolites in hair by HPLC-MS'. *Journal of Analytical Toxicology*, vol. 25, pp. 490-496.

Roman-Ponce H, Thatcher W W, Buffington D E, Wilcox C J and Van Horn H H 1977 Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. *Journal of Dairy Science*; 66:424-430.

Ryan P D, Boland M P, Kopel E, Armstrong D, Munyakazi L, Godke R A and Ingraham RH 1992 Evaluating two different evaporative cooling management systems for dairy cows in a hot, dry climate. *J Dairy Sci.*, 75:1052-1059.

Silva R G 2000 A model for determination of the thermal equilibrium of cattle in a tropical environment. *Rev. Bras. Zootec.* 29: 1244-1252. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000400039>

Turner H G 1964 Coat characters of cattle in relation to adaptation. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, 5:181-187.

Udo H M 1978 Hair coat characteristics in Friesian heifers in the Netherlands and Kenya. *Meded Landbouwhogeschool*, v.78:1-135.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

L'objectif de notre travail était de cerner la variation des performances reproductives des vaches laitières élevées dans la région semi aride avec les caractéristiques du pelage. Nous avons étudié la relation entre les caractéristiques du pelage, le niveau de cortisol des poils et la reproduction des vaches pendant deux saisons (été et hiver), et d'examiné l'association entre les performances de reproduction des vaches importées et locales et les caractéristiques du pelage en été en région semi aride.

Les vaches laitières à haute capacité de production, sélectionné et importé des pays tempérés et transférées à la région sub tropicale réalisent des performances de reproduction satisfaisantes vu que le niveau de production laitier est moyen comparativement de leurs pays d'origine. Dans notre contexte, les vaches clairement que quel que soit le niveau de production du lait où les vaches laitières extériorisent leurs aptitudes productives, le génotype animal exploité et le système d'alimentation adopté conditionnent largement les performances de reproduction réalisées.

Concernant la relation entre les caractéristiques des poils et les performances de reproduction des races Montbéliarde et Fleckvieh pendant la saison chaude, nous avons constaté que les performances de reproduction étaient liées à la couleur de la robe pour la race FL et au lieu de naissance, par contre à la longueur des poils et le diamètre total étaient significatifs pour le MB. Les poils colorés des vaches FL avaient un effet significatif sur la reproduction en saison chaude; les vaches MB importées caractérisées par un diamètre de poil mince et des vaches nées localement avec de longs poils avaient de meilleures performances de reproduction. Nos résultats suggèrent que les caractères des poils peuvent être utilisés pour sélectionner des animaux résilients et plus adaptés aux climats chauds.

Nos investigations sur la relation entre le niveau de cortisol des poils, et la fertilité des vaches Montbéliarde et Fleckvieh en zone semi-aride nous ont conduites à tirer plusieurs constatations. Les vaches avec des poils plus épais pendant la saison froide étaient associées à un meilleur nombre d'accouplements par conception pour la race Montbéliarde. La différence a probablement été générée par la capacité des vaches à être plus adaptées à la saison froide, bien que le coefficient de corrélation soit modéré significatif.

Les vaches Fleckvieh portant un pelage de couleur claire présentaient une fertilité plus faible, en particulier pendant la saison chaude et sèche.

Nos résultats suggèrent la possibilité d'incorporer certaines caractéristiques du poil chez les animaux de sélection pour faciliter leur adaptation à ce type d'environnement local. Les caractéristiques à sélectionner ici pourraient être: vaches Montbéliardes avec de diamètres de poils plus larges, vaches Fleckvieh dont la robe est plus sombre.

Comme perspectives à cette étude préliminaire, il semble important de vérifier les résultats obtenus par d'autres études complémentaires, qui portent sur les mêmes et sur d'autres génotypes pour élargir la variabilité génotypique, et concentrer le travail sur l'expression des gènes, vu que le milieu d'élevage de notre région se caractérise surtout par des stress

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Accorsi, P.A., Carloni, E., Valsecchi, P., Viggiani, R., Gamberoni, M., Tamanini, C. and Seren, E. .2008.** 'Cortisol determination in hair and faeces from domestic cats and dogs', *General and Comparative Endocrinology*, vol. 155, pp. 398-402.
- Aggarwal, A., Upadhyay, R., 2012.** *Heat Stress and Animal Productivity*. Springer India. ISBN: 978-81-322-0878-5 (Print) 978-81-322-0879-2
- Ahmad, M., M. T. Asmat, and N. U. Rehman.,2003.** Semen Characteristics of Sahiwal Bulls in Relation to Age and Season. *Pakistan Veterinary Journal (Pakistan)*.
- Ajili N., Rekik B., Ben Gara A and Bouraoui R ., 2007.** Relationships among milk production, reproductive traits, and herd life for Tunisian Holstein-Friesian cows. *African Journal of Agricultural Research* (2), 47-51.
- AL-Bagdadi FK, Titkemeyer CW, Lowell JE.1977.** Hair follicle cycle and shedding in male beagles dogs. *Am. J. Vet. Res.* 38, 611-616.
- Al-Haidary AA. 2004.** Physiological responses of Naimey sheep to heat stress challenge under semi-arid environments. *Int J Biol.* 6:307–309.
- AlHaidari Z, Von Tschanner CL.1997.** Anatomie et physiologie du follicule pileux chez les carnivores domestiques. *Prat. Med. Chir. Anim. Comp.*, 32,181-194.
- AL-Katanani Y.M, Webb D.W, Hansen P.J., 1999.**Factors affecting seasonal variation in 90-day nonreturn rate to first service in lactating Holstein cows in a hot climate. *J Dairy Sci.* 82, 2611-2616.
- Badinga L., Thatcher W.W.,Diaz T., Drost M. et Wolfenson D.1993.** Effect of environmental heat stress on follicular development and steroidogenesis in lactating holstein cows. *Theriogenology* 39, 797-810.
- Baker KP, Thomsett R. 1990.**Canine and feline dermatology. Blackwell Scientific Publications, 295p.
- Barbat A, Bonaiti B, Guillaume F, Druet T, Colleau JJ, Boichard D.2005.** Bilan phénotypique de la fertilité à l'insémination artificielle dans les trois principales races laitières françaises - *Renc Rech Ruminants*, 2005.

- Becerril CM, Wilcox CJ. 1992.** Determination of percentage of coat color from registry certificates in Holsteins. *J. Dairy Sci*, 75:3582-3586.
- Becerril C M, Wilcox C J, Lawlor T J, Wiggans G R and Webb D W 1993.** Effects of percentage of white coat color on Holstein's production and reproduction in a subtropical environment. *J Dairy Sci*, 74:2286-2291
- Ben Salem M., Bouraoui R and Hammami M., 2009.** Performances reproductives et longévité moyenne de la vache Frisonne-Holstein en Tunisie. *Rencontres Recherches Ruminants*, (16).
- Bennett A and Hayssen V 2010** Measuring cortisol in hair and saliva from dogs: Coat color and pigment differences. *Domest.Anim. Endocrinol.* 39:171–180. [https:// doi. org/ 10.1016 / j.domaniend.2010.04.003](https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2010.04.003)
- Berbigier P.,1988a.** Aspects théoriques des relations énergétiques entre l'animal et l'environnement climatique. In: *Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale*. INRA, Paris, 19-56.
- Berthelot X., Bergonier D., 1995.** Température et reproduction chez la vache. *Le Point Vétérinaire* 26, 63-67.
- Berthelot X., Paccard P., 1990.** Saison et reproduction chez la vache. In: *Association pour l'étude de la reproduction animale. Influence de l'environnement sur la reproduction*, Maisons-Alfort, 25 janvier 1990. A.E.R.A, Maisons-Alfort, G1-G12.
- Bertipaglia E C A, DaSilva R G and Maia A S C 2005** Fertility and hair coat characteristics of Holstein cows in a tropical environment. *Anim. Reprod.* 2, 187 – 194.
- Bertipaglia, E. C. A., DaSilva, R.G., Cardoso, V., Fries, L.A., 2007.** Hair coat characteristics and sweating rate of Braford cows in Brazil. *Livest. Sci.* 112, 99–108.
- Besnard C., 1985.** Météorologie et reproduction dans l'espèce bovine. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Créteil, 161p.

- Bidanel J.P., Matheron G., Xande A., 1989.** Production laitière et performances de reproduction d'un troupeau bovin laitier en Guadeloupe. INRA. Prod. Anim, 1989, 2(5), 335-342.
- Biggers B.G., Geisert R.D., Wetteman R.P., Buchanan D.S., 1987.** Effect of heat stress on early embryonic development in the beef cow. J Dairy Sci. 64, 1512-1518.
- Bodjolle-D'almeida L., 2018.** Intérêt des plantes issues de la biodiversité brésilienne et africaine dans les soins capillaires. Thèse de docteur en pharmacie, la faculté de pharmacie de Marseille, 117p.
- Boichard D., Barbat A., Briend M., 2002.** Bilan phénotypique de la fertilité chez les bovins laitiers – AERA ; Reproduction, génétique et fertilité, Paris, 6 Décembre 2002, 5-9.
- Bouhanna P., 2004.** LES ALOPECIES : DE LA CLINIQUE AU TRAITEMENT. Collection Guide Pratique de Dermatologie. Paris : Éditions MED'COM, 2004. p. 57.
- Boujenane I., Aïssa H., 2008.** Performances de reproduction et de production laitière des vaches de race Holstein et Montbéliarde au Maroc. Revue Élev. Méd. vét. Pays trop., 2008, 61 (3-4) : 191-196.
- Boujenane, I., 2011.** Hérité de la couleur de la robe chez les bovins. L'Espace Vétérinaire « édition spéciale siam 2011 » Pages 8-9
- Bowers, L.D. and Segura, J., 1996** 'Anabolic steroids, athlete drug testing, and the Olympic Games', Clinical Chemistry, vol. 42, pp. 999-1000.
- Brinkmann L., Gerken M., Riek A., 2012.** Adaptation strategies to seasonal changes in environmental conditions of a domesticated horse breed, the Shetland pony (*Equus ferus caballus*). The Journal of Experimental Biology 215, 1061-1068.
- Brito, L.F.C., Silva Antonio E.D.F., Barbosa Rogerio T., Kastelic John P., 2004.** Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. Theriogenology, no 2-3. Vol 61, p. 511-528.
- Brito P., Sousa F., Tavares Pinto S., 2005.** VL Models in Non-Hierarchical Classification. Reports of the 12th Meeting of the Société Francophone de Classification.

- Bulvestre .M. D.2007.** Influence du β -carotène sur les performances de reproduction chez la vache laitière. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort.124p
- Butler, W. R. and R. D. Smith. 1989.** Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. J. Dairy Sci. 72:767-783.
- Caslini C., 2012.** Wild red deer (cervus elaphus, linnæus, 1758) populations status assessment: novel methods using hair. These en science, technologie et biotechnologie médecin de recherche en production animale univ de Milano.150p
- Charmandari, E., Chrousos, G.P.et Tomoshige, T., 2004.** Glucocorticoids and Their Actions. An Introduction, Annals of the New York Academy of Sciences, vol.1024,1-8p.
- Cilek S., Tekün M.E., 2005.** Environmental factors affecting milk yield and fertility traits of Simmental cows raised at the Kazova state farm and phenotypic correlations between these traits. Turk J Vet Anim Sci 29 (2005) 987-993.
- Cirimele, V., Kintz, P., Dumestre, V., Goulle, J.P. and Ludes, B. 2000.** Identification of ten corticosteroids in human hair by liquid chromatography-ion spray mass spectrometry', Forensic Science International, vol. 107, pp. 381-388.
- Collier RJ., Doelger SG., Head HH., Thatcher WW., Wilcox CJ., 1982b.** Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weight and postpartum milk yield of Holstein cow. J. Anim. Sci. 54, 309-319.
- Comin A, Peric T, Corazzin M, Veronesi M C C, Meloni T, Zufferli V, Cornacchia G and Prandi A 2013** Hair cortisol as a marker of hypothalamic-pituitary-adrenal axis activation in Friesian dairy cows clinically or physiologically compromised. Livestock Science 152, 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.11.021>
- Comin, A., Prandi, A., Peric, T., Corazzin, M., Dovier, S. and Bovolenta, S.,2011** Hair cortisol levels in dairy cows from winter housing to summer highland grazing, Livestock Science, vol. 138, pp. 69-73.
- Comin, A., Zufferli, V., Peric, T., Canavese, F., Barbetta, D. and Prandi, A., 2012 b)** 'Hair cortisol levels determined at different body sites in the New Zeland White Rabbit', World Rabbit Science, vol. 20,pp. 149-154.

- Comin, A., Veronesi, M.C., Montillo, M., Faustini, M., Valentini, S.,Cairolì, F. and Prandi, A., 2012 a.** Hair cortisol level as a retrospective marker of hypothalamic-pituitary-adrenal axis activity in horse foals', *The Veterinary Journal*, vol. 194, pp. 131-132.
- Cone, E.J. 1996.** Mechanisms of drug incorporation into hair, *Therapeutic Drug Monitoring*, vol. 18, pp. 438-443.
- Darwash AO, Lamming GE, Woolliams JA.1997.** Estimation of genetic variation in the interval from calving to postpartum ovulation of dairy cows. *J Dairy Sci.* 1997 Jun;80(6):1227-34.
- Da Silva RG, La JrN, Scala and Tonhati H 2003.** Radiative properties of the skin and hair coat of cattle and other animals. *Transaction ASAE* 46:913-918.
- DaSilva R G 2000** Introdução à Bioclimatologia Animal[Introduction to Animal Bioclimatology]. Nobel-FAPESP,São Paulo. 286pp.
- DaSilva R G, Arantes Neto J G and Holtz-Filho S V 1988** Genetic aspects of the variation of the sweating rate and coat characteristics of Jersey cattle. *Braz. J. Genet.* 11, 335 – 347.
- Davenport M D, Tiefenbacher S, Lutz CK, Novak M A and Meyer J S 2006** Analysis of endogenous cortisol concentrations in the hair of rhesus macaques', *General and Comparative Endocrinology*, vol. 147, pp. 255-261.
- Deniau, S. S. M.2002.** Analyses pilaires minerales chez le chien et le chat. *Ecole nationale veterinaire d'Alfort.*154p
- De Rensis F., Scaramuzzi RJ., 2003.** Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow. a review. *Theriogenology* 60, 1139-1151.
- Derivaux J, Ectors F.1986.** Reproduction chez les animaux domestiques - 3ème édition revue. Louvain-La-Neuve : Cabay, 1986, 1141 p.
- Disenhaus C.2004.** Mise à la reproduction chez la vache laitière : actualités sur la cyclicité post-partum et l'oestrus - 2ème Journée d'Actualités en Reproduction des Ruminants, ENVA, Septembre 2004 : 55-64.

- Dobson H., Tebble J.E., Smith R.F. et Ward W.R., 2001.** Is stress really all that important ? Theriogenology 55, 65-73
- Ealy D, Drost M and Hansen P J 1993** Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. Journal of Dairy Science; 76:2899-2905.
- Ebling FJ, Hale PA.1970.** The control of the mammalian moult. Mem.Soc.Endocr. 18, 215-237.
- Ebling FJG, Hale PA, Randall VA.1970.** Hormones and hair growth. In Physiology,Biochemistry, and Molecular biology of the skin. 2nd édition; vol. 1, edited by Lowell A. Goldsmith. Editor. Zinc in hair as a measure of zinc nutriture in human beings. Nutr. Rev. 28(8), 209-211.
- Espinasse R., Disenhaus C., Philipot J.M.. 1998.** Renc. Rech. Ruminants, 5, 79-82.
- Faget T.,1992.**Problèmes posés par l'intensification de la production laitière en pays développé et à climat chaud. Approche bibliographique. Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul Sabatier, Toulouse, 186 p.
- Foo, S.C., Khoo, N.Y., Heng, A., Chua, L.H., Chia, S.E., Ong, C.N., Ngin, C.H. and Jeyaratnam, J. 1993** 'Metals in hair as biological indices of exposure', Occupational and Environmental Health, vol. 65, pp. S83-S86.
- Fuchs, E., B. J. Merrill, C. Jamora, and R. DasGupta. 2001.** At the roots of a never-ending cycle. Dev Cell 1: 13-25.
- Gebremedhin KG, Hillman PE, Lee CN, Collier RJ. 2007.** Sweating rate of dairy cows under shade and sunny environments.Minneapolis: ASABE; paper # 074083.
- Gebremedhin KG, Hillman PE. 1997.** Modelling temperature profile and heat flux through irradiated fur layer. Transac ASABE.; 40(5):1441 – 7.
- Gerken M 2010.** Relationships between integument characteristics and thermoregulation in South American camelids. Animal 4:1451-1459
- Ghoribi L, Bouaziz., O, Tahar, A.2005.** Etude de la fertilité et de la fécondité dans deux élevages bovins laitiers. Sciences & Technologie C – N°23, juin (2005), pp. 46-50.

- Ghozlane M K., Atia A., Miles D and Khellef D., 2010.** Insémination artificielle en Algérie: Etude de quelques facteurs d'influence chez la vache laitière. *Livestock Research for Rural Development*. (22).
- Gwazdauskas F.C., Wilcox C.S., Thatcher W.W., 1975.** Environmental and managemental factors affecting conception rate in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 58, 88-92.
- Hale PA. 1982.** Periodic hair shedding by a normal bitch. *J.Small Anim. Pract.* 23, 345-350.
- Hanzen C., 1994.** Etude des facteurs de risque de l'infertilité et des pathologies puerpérales et du post-partum chez la vache laitière et la vache viandeuse. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade d'agrégé de l'enseignement supérieur. Fac. Méd.Vét. Liège Belgique.
- Harkey M R 1993** Anatomy and physiology of hair. *Forensic Sci. Int.*; 63:9–18.
- Helal, S.2011.** Alopecie X chez le chien : Etat actuel des connaissances. VETAGRO SUP campus veterinaire de Lyon.95.
- Henderson, G.L. 1993.** Mechanism of drug incorporation into hair, *Forensic Science International*, vol. 63, pp. 19-29.
- Hillman PE, Lee CN, Carpenter JR, Baek KS, Parkhurst A. 2001.** Impact of hair coat on thermoregulation of dairy cows to direct sunlight. Sacramento: ASABE; paper # 014031.
- Hochereau-de Reviers, M.T., A.Locatelli, C. Perreau, C.Pisselet, and B. P. Setchell.,1993.** Effects of a Single Brief Period of Moderate Heating of the Testes on Seminiferous Tubules in Hypophysectomized Rams Treated with Pituitary Extract. *Journal of Reproduction and Fertility* 97, no. 2 : 381–87.
- Hutchinson, J.C.D. and Brown, G.B., 1969.** Penetration of cattle coats by radiation. *J. Appl. Physiol.*, 26: 454-464.
- Kaszowski, S., C. C. Rust, and R. M. Shackelford. 1970.** Determination of hair density in the mink. *J. Mammalogy*. 51:27-34.

- King V L, Denise S K, Armstrong D V, Torabi M, Wiersma F 1988** Effects of a hot climate on the performance of first lactation Holstein cows grouped by coat color. J Dairy Sci, 71:1093-1096. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79657-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79657-5).
- Kintz, P. 2004.** Value of hair analysis in postmortem toxicology, Forensic Science International, vol. 142, pp. 127-134.
- Kintz, P. 2003** 'Testing for anabolic steroids in hair: a review', Legal Medicine, vol. 5, pp. S29-S33.
- Kirschbaum, C., Tietze, A., Skoluda, N. and Dettenborn, L. 2009.** Hair as a retrospective calendar of cortisol production - Increased cortisol incorporation into hair in the third trimester of pregnancy ,Psychoneuroendocrinology, vol. 34, pp. 32-37.
- Koivisto, Mb, Mta Costa, Shv Perri, and Wrr Vicente.,2009.** The Effect of Season on Semen Characteristics and Freezability in Bos Indicus and Bos Taurus Bulls in the Southeastern Region of Brazil. Reproduction in Domestic Animals 44, no. 4 : 587–92.
- Koonjaenak, S, Vichai C, Suneerat A, Tanu P, and Heriberto R-M.,2007.** Seasonal Variation in Semen Quality of Swamp Buffalo Bulls (Bubalus Bubalis) in Thailand. Asian Journal of Andrology 9, no. 1 (January 2007): 92–101.
- Koren, L., Mokady, O., Karaskov, T., Klein, J., Koren, G. and Geffen, E. 2002.** 'A novel method using hair for determining hormonal levels in wildlife', Animal Behaviour, vol. 63, pp. 403-406.
- Lamari S., 2011.** Typologie des systèmes d'élevage, performances et caractéristiques de la robe Montbéliarde en région semi aride (Bordj Bou Arréridj). Thèse de Magister, Univ Ferhat Abbas Sétif 1, 123p.
- Lewis GS., Thatcher WW., Bliss EL., Drost M., Collier RJ. 1984.** Effects of heat stress during pregnancy on postpartum reproductive changes in Holstein cow. J. Anim. Sci. 58, 174-186
- Luelmo-Aguilar, J., and M. S. Santandreu. 2004.** Folliculitis: Recognition and management. Am J Clin Dermatol 5: 301-310.

- Lyimo Z C., Nkya R., Schoonman L and Van Eerdenburg F J C M., 2004.** Post-partum reproductive performance of crossbred dairy cattle on smallholder farms in sub-humid coastal Tanzania. *Trop Anim Health Prod.* (36), 269–279.
- Maia A S C, Silva R G and Bertipaglia E C A 2003** Características do pelame de vacas Holandesas em um ambiente tropical: um estudo genético e adaptativo. *Rev Bras Zootec*, 32:843-853.
- Marieb, E. N. 1993.** Anatomie et physiologie humaines. Québec, Éditions du Renouveau Pédagogique Inc.
- Maust L.E., Mac Dowell R.E., Hooven N.W., 1972.** Effect of summer wheather on performance of Holstein cows in three stages of lactation. *J. Dairy Sci.* 55, 1133-1139.
- Meyer., 2009.** Les variations saisonnières de la reproduction des bovins domestiques en zone tropicale-Synthèse.
- McClanahan L K. 2007.** Hair coat and steroidal implant effects on steers grazing ndophyte-infected tall fescue during the summer. thesis Master of Science at the University of Kentucky 57 p.
- McEwen, B.S. et Wingfield, C., 2003.** The concept of allostasis in biology and biomedicine', *Hormanes and Behaviour*, vol. 43, pp. 2-15.
- McManus C, Louvandini H, Gugel R, Sasaki LCB, Bianchini E, Bernal FEM, Paiva SR and Paim TP 2011.** Skin and coat traits in sheep in Brazil and their relation with heat tolerance. *Tropical Animal Health and Production* 43:121-126.
- Mooney CT. 1999.** Influence of hormones on the skin. *Waltham Focus Special edition: Focus on skin and coat*, 52p.
- Monteineiro-Riviere, N., 2006.** Integument. Dans: J. Eurell & B. Frappier, éd. *Dellman's Textbook of Veterinary Histology* 6th edition. Oxford: Blackwell Publishing, pp. 320 - 349.
- Morin, P.A., Walls, J., Moore, J.J. and Woodruff, D.S. 1994.** 'Paternity exclusion in a community of wild chimpanzees using hypervariable simple sequence repeats', *Molecular ecology*, vol. 3, pp. 469-478.

- Mouffok C., 2013.** Performance de l'élevage bovin dans la région semi aride. Approche globale : Systémique, zootechnique et métabolique. Thèse de Doctorat , univ Ferhat Abbas.Sétif1 ,238p.
- Nizamani, A. W.2008.** Pigmentation de la peau chez le bovin : Etude du polymorphisme et de l'expression du gène PAR-2. Thèse doctorat de l'université de limoges 132p.
- Parameswaran Gunaratnam, Wilkinson GT. 1983.** A study of normal hair growth in the dog. J. Small An. Pract. 1983, 24, 445-453.
- Paulsen R B, Wilkins D G, Slawson M H, Shaw K and Rollins D E 2001** Effect of four laboratory decontamination procedures on the quantitative determination of cocaine and metabolites in hair by HPLC-MS'. Journal of Analytical Toxicology, vol. 25, pp. 490-496.
- Phiri E C J H., Nkya R., Pereka A E., Mgasas M N and Larsen T., 2007.** The effects of calcium, phosphorus and zinc supplementation on reproductive performance of crossbred dairy cows in Tanzania. Trop Anim Health Prod. (39), 317–323.
- Piton I.,2004.** CANICULE ET REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE.Résultats à partir d'une enquête dans des élevages du Rhône. Thèse de Docteur Vétérinaire, école nationale vétérinaire de Lyon, 220p.
- Pragst, F., Rothe, M., Spiegel, K. and Sporkert, F.1998.** Illegal and therapeutic drug concentrations in hair segments - a timetable of drug exposure', Forensic Science Review, vol. 10, no. 2, pp. 81-111.
- Prandi, A., Comin, A., Peric, T., Montillo, M. and Omodeo, S.G. 2010** 'Nuovo approccio non invasivo per la valutazione del benessere animale', Quaderno SOZOOALP, vol. 6, pp. 183-191.
- Pugh DG. 2002.** Sheep and goat medicine. Philadelphia, PA: Elsevier; 468.
- Rahman, M Bozlur, L Vandaele, T Rijsselaere, D Maes, M Hoogewijs, A Frijters, J Noordman., 2011.** Scrotal Insulation and Its Relationship to Abnormal Morphology, Chromatin Protamination and Nuclear Shape of Spermatozoa in Holstein-Friesian and Belgian Blue Bulls. Theriogenology 76, no. 7: 1246–57.

- Raul, J.S., Cirimele, V., Ludes, B. and Kintz, P. 2004.** 'Detection of physiological concentration of cortisol and cortisone in human hair', *Clinical Biochemistry*, vol. 37, pp. 1105-1111.
- Ravagnolo O., Misztal I., 2002.** Effect of heat stress on nonreturn rate in Holsteins: fixed-model analyses. *J Dairy Sci.* 85, 3101-6.
- Reeder, D.A.M. and Kramer, K.M., 2005.** Stress in free-ranging mammals: integrating physiology, ecology, and natural history, *Journal of Mammalogy*, vol. 86, no. 2, pp. 225-235.
- Rivera RM., Hansen PJ., 2001.** Development of cultured bovine embryos after exposure to high temperatures in the physiological range. *Reproduction*. 121, 107-15.
- Roman-Ponce H, Thatcher W W, Buffington D E, Wilcox C J and Van Horn H H 1977** Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. *Journal of Dairy Science*; 66:424-430.
- Roth Z., Meidan R., Braw-Tal R., Wolfenson D., 2000.** Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *J Reprod Fertil.* 120, 1, 83-90.
- Royal MD, Darwash AO, Flint APF, Webb R, Wooliams JA, Lamming GE .2000.** Declining fertility in dairy cattle : changes in traditional and endocrine parameters of fertility - *Anim Sci*, 70 : 487-501
- Ryan P D, Boland M P, Kopel E, Armstrong D, Munyakazi L, Godke R A and Ingraham RH, 1992.** Evaluating two different evaporative cooling management systems for dairy cows in a hot, dry climate. *J Dairy Sci.*, 75:1052-1059.
- Ryder ML. 1976.** Seasonal changes in the coat of the cat. *Research in veterinary science*, 21, 280-283.
- Scott, D., 1988.** Structure and function of the skin. Dans: D. Scott, éd. *Large animal dermatology*. Philadelphia: W.B. Saunders Compagny, pp. 1 - 28.

- Scott, D., 1990.** The biology of hair growth and its disturbances. Dans: C. von tscharner & R. Halliwell, éds. *Advances in Veterinary Dermatology*. London: Baillière Tindallr, 1 – 33p.
- Scott DW, Miller WH, Griffin CE. 1995.** Chapter I : Structure and function of the skin. Muller and Kirk's *Small Animal Dermatology*. 5th edition, 1213p.
- Setchell, B.P., Locatelli A., Perreau C., Pisselet C., Fontaine I., Kuntz C., Saumande J., Fontaine J., and Hochereau-de Reviers M. T., 1991.** The Form and Function of the Leydig Cells in Hypophysectomized Rams Treated with Pituitary Extract When Spermatogenesis Is Disrupted by Heating the Testes. *The Journal of Endocrinology* 131, no. 1: 101–12.
- Seligman, M.E.P., 1975.** *Helplessness: On Depression, Development and Death*, San Francisco, California, USA: Freeman.
- Setchell B.P., 1998.** Heat and the testis. *Journal of Reproduction and fertility* , 114: 179-194.
- Shiferaw Y., Tenhagen B A., Bekana M and Kassa T., 2003.** Reproductive performance of cross breed dairy cows in different production systems in the central Highlands of Ethiopia. *Trop Anim Health Prod.* (35), 551.
- Silva RG. 1999.** Estimativa do balanço térmico por radiação em vacas Holandesas expostas ao sol e à sombra em ambiente tropical. *Rev Bras Zootec*, 6:1403-1411.
- Silva R G 2000** A model for determination of the thermal equilibrium of cattle in a tropical environment. *Rev. Bras. Zootec.* 29: 1244-1252.
- Simpson, E.R. et Waterman, M.R. , 1995.** Steroids biosynthesis in the adrenal cortex and its regulation by adrenocorticotropin', in DeGroot, L.J., Besser, M. and Burger, H.G. (ed.) *Endocrinology*, Philadelphia: W.B. Saunders.
- Smith R.F. et Dobson H., 2002.** Hormonal interactions within the hypothalamus and pituitary with respect to stress and reproduction in sheep. *Domestic Animal Endocrinology* 23, 75-85.

- Sousa CA.1992.** Differential diagnosis of feline alopecia. In The 25th Friskies Symposium on Feline Disease and Nutrition. Washington D.C. Mars 1992.
- Sousa F.,2000.**Novas Metodologias em Classificação Hierárquica Ascendente, Thèse de Doctorat, Faculté de Sciences et Technologie, Université Nouvelle de Lisbonne.
- Spiers DE 2012.** Physiological basics of temperature regulation in domestic animals. In: Environmental Physiology of Livestock, pp: 17-34. J. Collier and J.L. Collier (eds.). John Wiley and Son, USA.
- Squires, E.J., 2003 .**Applied Animal Endocrinology, Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Stenn, K. S., and R. Paus. 2001.** Controls of hair follicle cycling. *Physiol Rev* 81: 449-494.
- Thiebault., 2000.** Thermorégulation des homéothermes. In : Cours théorique de physiologie Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, Marcy l'Etoile, 20p.
- Tucker HA. 1982.** Seasonality in cattle. *Theriogenology* 17, 53-59.
- Turner H G 1964** Coat characters of cattle in relation to adaptation. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, 5:181-187.
- Udo H M 1978** Hair coat characteristics in Friesian heifers in the Netherlands and Kenya. *Meded Landbouwhogeschool*, v.78:1-135.
- Vallet A, Paccard P.1984.** Définition et mesures des paramètres de l'infécondité et de l'infertilité - B.T.I.A., 1984 ; 32 : 2-3.
- Von Holst, D., 1998.** The Concept of Stress and Its Relevance for Animal Behaviour, in Moller, A.P., Milinski, M. and Slater, P.J. (ed.) *Stress and Behaviour. Advances in The Study of Behaviour*, volume 27, San Diego: Academic Press.
- Walsberg, G. E. (1983).** Coat color and solar heat gain in animals. *Bioscience* 33, 88-91
- Weedon, D., and G. Strutton. 1981.** Apoptosis as the mechanism of the involution of hair follicles in catagen transformation. *Acta Derm Venereol* 61: 335-339.
- Wenning, R. 2000** 'Potential problems with the interpretation of hair analysis results', *Forensic Science*, vol. 107, pp. 5-12.

- West JW. 2003.** Effects of heat-stress on production in dairy cattle. J Dairy Sci. 86:2131–2144.
- Wilson C, Cotsarelis G, Wei Z, 1994.** Cells within the bulge region of mouse hair follicle transiently proliferate during early anagen : heterogeneity and functional differences of various hair cycles. Differentiation, 55, 127-136.
- Wolfenson D., Lew BJ., Thatcher WW., Graber Y., Meidan R.,1997.** Seasonal and acute heat stress effects on steroid production by dominant follicles in cows. Anim. Reprod. Sci. 47, 9-19.
- Woodruff, D.S. 1993 .** 'Non-invasive genotyping of primates', Primates, vol. 34, pp. 337-351.
- Yamada, J., Stevens, B., De Silva, N., Gibbins, S., Beyene, J., Taddio, A., Newman, C. and Koren, G. 2007.** Hair cortisol as a potential biologic marker of chronic stress in hospitalized neonate', Neonatology, vol. 92, pp. 42-49.
- YEBGA HOT,N.M.2015.** Alopecies traumatiques cosmétiques chez les femmes ayant des origines africaines.thèse de docteur en pharmacie, université toulouse,152p

ANNEXES

ARTICLE INTERNATIONAL

Hair characteristics and cortisol hair analysis as indicators of fertility in dairy cows

S Lamari, T Madani and L Allouche¹

*Department of Agronomy Faculty of Nature and Life Sciences, University of Ferhat Abbas
(Sétif), Algeria
lamarisara@gmail.com*

¹ *Département de Biologie and Animal Physiology, Faculty of Nature and Life Sciences,
University of Ferhat Abbas, (Sétif), Algeria*

Abstract

Our study investigates the relationship between hair and coat characteristics, hair cortisol level, and fertility of 28 Fleckvieh and 67 Montbéliarde cows during hot and cold season in a commercial farm. The following characteristics of hair and coat have been measured: hair weight (W), hair length (L), hair diameter (HD), hair medullar diameter (MD), number of hairs per unit area (N), percentage of white coat color (C %) and hair cortisol level (C). Fertility parameters were estimated: interval from calving to first service (ICS), services per conception (SPC), and interval from calving to conception (IC). In Montbéliarde breed, HD was negatively correlated with SPC in winter ($r = -0.34$, $p=0.01$) indicating that Montbéliarde cows, with large total hair diameter, required reduced number of SPC to be pregnant, while in summer hair coat traits were not correlated with all fertility parameters. In Fleckvieh cows, coat color was correlated with ICS and IC ($r=0.67$, $p=0.02$; $r=0.60$, $p=0.04$, respectively) during summer and with SPC during winter ($r=0.86$, $p=0.01$). No association between hair cortisol level and fertility was observed. Proportion of white color in Fleckvieh cows significantly affected fertility. These results indicate that reproductive efficiency parameters were related to coat characteristics; this association was more expressed in Fleckvieh than in Montbéliarde breed. Also, possibility exists to select more adapted animals to our warm climate regions : Montbéliarde cows with large hair diameters, Fleckvieh cows with large white surface.

Keywords: *Algeria, cold season, hair coat, hot season*

Introduction

Heat stress can reduce fertility in cattle (Ealy et al 1993; Ryan et al 1992). The mechanism by which heat stress causes embryonic mortality is multifactorial, as heat stress can alter several aspects of reproductive physiology, including blood flow to the reproductive tract (Roman-Ponce et al 1977), and ovarian steroid concentrations ; similarly, increased culture temperatures can compromise fertilization rate. To better clarify the physiological adaptations of dairy cows in the semiarid climate, it seemed interesting to follow the reproduction of cows and changes in the activity of the adrenal glucocorticoid versus the axis during a reproductive hypophyso gonadic cycle. Body surface traits of cattle are of great importance as for the relationships between the animals and their ambience. In semi arid regions, animals must be able to dissipate the heat excess through the skin and from the respiratory surfaces. At the same time they must avoid thermal energy incoming from the environment. The protective properties depend on the morphological characteristics of the skin (color) and of the hair coat (thickness, number of hairs per unit area, diameter of the hairs, length of the hairs), which allow to exchange heat with the environment (DaSilva 2000). Therefore, genetic progress towards a hair coat, appropriate for

hot and humid environments, could be a strategy to enhance reproductive function of cows in Algeria. The present study was about the relationship between characteristics of hair coat, hair cortisol level and reproduction of Fleckvieh and Montbéliarde cows during two seasons, hot (summer) and cold (winter) seasons.

Materials and methods

Animals

This work was conducted from August 2012 to August 2013 on 95 dairy cows comprising two breeds, 28 Fleckvieh and 67 Montbéliarde cows reared in a commercial dairy farm. Animals were primiparous and multiparous cows and in different stages of the reproductive cycle, without any visible signs of clinical disease. Cows were separated into two groups according to month of mating. Detection of estrus was made by sires and natural service was preferred by the manager. Individual records included cow identification number, parity, dates of natural services and calving dates for all cows. Three fertility parameters were estimated: interval from calving to first service (ICS), interval from calving to conception (IC) and number of services per conception (SPC).

Sampling and morphological characteristics of hair coat

Measurements of percentage of white coat color (C%) were carried out and hair sampling as well. To obtain the percentage of white color relative to the body surface area, pictures were taken using a digital camera. Then the pictures were transferred to special software (IPWin32) to estimate, at the same magnification, both sides of each animal, except the tail, head, legs, and belly regions, according to the method of Becerril and Wilcox (1992).

Hair samples were taken from the center of the thorax of each animal about 20 cm below the dorsal line by means of an electrician's pliers adapted in such a way that all the hairs in an 1 cm² area could be plucked out (DaSilva et al 1988; Silva 2000a). Hair samples were stored in plastic envelopes and measurements [hair weight (W), hair length (L); number of hairs per unit area (N), hair total diameter (HD), diameter of hair medulla (MD)] were done later in the laboratory. The average hair length (mm) of each sample was calculated from the 20 longest hairs of the sample by using a thin metal ruler, according to the method of Udo (1978); number of hairs (hairs/cm²) was obtained by direct counting of all hairs present in the sample; an ocular micrometer scale of microscope (Leica DM1000) was used to measure hair total diameters and medullar hair diameters (μm) of the same hairs used for length measurement, to about 10 μm of the hair root.

Hormone analysis

Samples were taken from the scapula (shoulder) in August and February respectively for summer and winter seasons. On the scalp, hair growth rate is between 0.2 mm/day and 1.12 mm/day, or 6 to 33.5 mm/month (Harkey 1993). In order to avoid the effect of calving stress on level of cortisol, only animals that calved more than one month before hair sampling were included in the study. Hair samples were stored in dry conditions at room temperature in the dark, until analysis. To prepare the hair samples, 250 mg hair samples were weighted and washed twice in 9 ml polypropylene tubes containing 5 ml methanol (Sigma-Aldrich), as proposed by Davenport et al (2006), and then the samples were gently mixed on a rotator at room temperature for 3 min per wash. The hair was then allowed to dry for approximately 5 days (Paulsen et al 2001), then weighed and minced into 3-4 mm pieces with fine scissors. To extract cortisol, 50 mg of hair were placed in a glass vial with 3 ml of methanol for 18h at 37°C. Samples were then centrifuged (15 min/1000 rpm) in a centrifuge (Hettich EBA 20) as

suggested by Comin *et al* (2013), and the supernatant collected and transferred to a glass test tube. The supernatant (0.6 ml) was taken from the top, and aliquot was dried using a dry bath SBH200D / 3 Stuart at 37 ° C (Davenport *et al* 2006; Bennett and Hayssen 2010) and reconstituted with 0.3 ml of phosphate buffer. The samples were analyzed for cortisol using a commercially available enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) (Human), in duplicates. The average inter- and intra-assay CV was 4.65% and 9.86%, respectively.

Statistical analysis

The mean and standard deviation were calculated and the test for normality (Kolmogorov-Smirnov) was performed for all parameters. Correlation was used to estimate the relationship between characteristics of hair coat, cortisol concentration and reproduction parameters using Pearson correlation, and Spearman's correlation rank when variables were not normally distributed. All statistical analyses were performed using the SPSS package program, version 21.

Results

Changes in hair coat characteristics and cortisol concentration are summarized in Table 1 and 2. In summer (Table 1), Fleckvieh cows showed low density coat (394 hairs/cm²); longer hairs (16.5 mm); large hair and medulla hair diameter (88.5; 57.5 µm respectively) and colored coat (32,6%). However, Montbéliarde cows presented white coat (42.5%), with short hairs (15.8 mm) and many hairs (415 hairs/cm²) little hair and medulla hair diameter (83.8; 49.5 µm respectively). The cortisol concentration of the hair of both breeds was comparable during this season (table 1).

According to the Table 2, the phenotype of the cows (Montbéliarde and Fleckvieh) of the winter season was characterized by a decrease compared to the warm season, the density of the hairs and the cortisol concentration with a higher concentration in Fleckvieh (16.1±3.0 ng / ml).

Table 1. Summer variability of hair coat characteristics and cortisol concentration for Fleckvieh and Montbéliarde

	Montbéliarde (32)		Fleckvieh (17)	
	Mean	SESE	Mean	SE
C (%)	42.5	5.4	32.6	8.5
W (mg/cm ²)	9.19	0.39	9.32	0.94
L (mm)	15.8	0.5	16.5	1.1
N (hairs/cm ²)	415	19	394	21
HD (µm)	83.8	0.2	88.5	0.2
MD (µm)	49.5	0.2	57.5	0.2
Cortisol (ng/ ml)	17.4	0.8	18.4	0.1

C%: Coat color; W (mg/cm²): Hair Weight; L(mm): hair length; N (hairs/cm²): number of hairs per unit area; HD (µm): hair diameter; MD(µm): medulla diameter of hair.

Table 2. Winter variability of hair coat characteristics and cortisol concentration for Fleckvieh and Montbéliarde

	Montbéliarde (35)		Fleckvieh (11)	
	Mean	SE	Mean	SE

C (%)	31.2	4.6	31.8	10.1
W (mg/cm ²)	11.6	0.8	11.4	1.7
L (mm)	25.6	1.0	26.1	2.0
N (hairs/cm ²)	390	20	385	36
HD (μ m)	89.2	0.2	89.6	0.4
MD (μ m)	52.8	0.1	53.6	0.3
Cortisol (ng/ml)	14.3	0.7	16.1	3.0

C%: Coat color; W (mg/cm²): Hair Weight; L (mm): hair length;

N (hairs/cm²): number of hairs per unit area; HD(μ m): hair diameter; MD(μ m): medulla diameter of hair.

Table 3 depicts correlations between hair coat traits in summer and winter seasons of Montbéliarde and Fleckvieh breeds and reproduction efficiency parameters. For Montbéliarde breed, HD was negatively correlated with SPC ($r = -0.34$, $p < 0.05$) in winter indicating that Montbéliarde cows, with large total hair diameter, required reduced number of SPC to be pregnant, while in summer hair coat traits were not correlated with all fertility parameters. For Fleckvieh cows, coat color was correlated with ICS and IC ($r = 0.67$, $p < 0.05$; $r = 0.60$, $p < 0.05$ respectively) during summer, while association was observed only between C% and SPC ($r = 0.86$, $p = 0.01$) in winter.

Table 3. Correlation between hair coat characteristics and reproduction parameters in summer and winter

Characteristics	Montbéliarde			Fleckvieh		
	SPC	ICS	IC	SPC	ICS	IC
Summer season						
C (%)	0.14	-0.11	0.17	0.28	0.67*	0.60*
W (mg/cm ²)	0.15	0.07	0.20	0.17	0.03	-0.00
L (mm)	0.06	0.01	0.16	-0.31	-0.20	-0.32
N (hairs/cm ²)	-0.01	-0.07	-0.21	0.07	0.13	0.04
HD (μ m)	0.19	0.08	0.40	-0.11	0.24	0.29
MD (μ m)	0.25	0.04	0.36	-0.04	0.19	0.24
Cortisol (ng/ml)	0.06	0.24	0.22	-0.37	-0.46	-0.47
Winter season						
C (%)	-0.03	-0.34	-0.29	0.86**	0.39	0.39
W (mg/cm ²)	0.08	0.22	0.18	0.02	0.28	0.28
L (mm)	-0.06	0.02	-0.08	0.25	0.60	0.60
N (hairs/cm ²)	-0.16	0.00	-0.13	-0.38	0.32	0.32
HD (μ m)	-0.34*	-0.10	-0.25	0.29	0.41	0.41
MD (μ m)	-0.07	-0.14	-0.10	0.21	0.37	0.37
Cortisol (ng/ml)	0.04	0.21	0.17	0.18	0.15	0.15

SPC: services per conception; ICS: interval from calving to first service;

IC: interval from calving to conception, *significant correlation at $P < 0.05$.

Discussion

The overall mean and standard error of the hair coat characteristics, showed that the cows had a large proportion of white hairs and had a thin coat with short hairs and many number of hair per cm² in summer and the opposite in winter. Bertipaglia et al (2005) reported Holstein coats

having average low thickness (2.64 mm), low density (1050 hairs/cm²), with short (12.8 mm), thick hairs (63 µm); these findings were interpreted as indicating successful adaptation to the hot conditions in the State of São Paulo, Brazil.

The results indicate that reproductive efficiency parameters are related to coat characteristics. Coat cover affects temperature regulation and fertility of temperate climate breeds when transposed to warm climate regions (Turner 1964). Our results also showed that Fleckvieh cows, presented significantly correlated between coat color and ICS and IC respectively during summer, in addition an association between C% and SPC in winter. On the other hand Montbéliarde cows, with large total hair diameter, required reduced number of SPC to be pregnant, while in summer hair coat traits were not correlated with all fertility parameters. The association was more expressed for Fleckvieh than for Montbéliarde breed. Fleckvieh cows with light colored coat had significant lower fertility, particularly during hot and dry season. Becerril et al (1993) observed negative, but no significant regression coefficient, for Holstein cows reared under sub tropical climate, while King et al (1988) observed, during winter months, that white Holstein cows required fewer services per conception and had fewer open days than black cows. But Maia et al (2003) showed that traits of black hair coat were different from that of the white hair coat. Black hair coat was less dense, with shorter and ticker hair fibres in order to ease the heat dissipation, while the white hair coat was denser with longer hairs, which favored protection against direct solar radiation. Differences in environmental conditions and management were probably the causes of the differences reported.

Conclusion

- The study of the relationship between hair cortisol level, hair and coat characteristics and fertility of Montbéliarde and Fleckvieh cows in semi- arid area shows that cows with thicker hairs during cold season were associated to improved number of mating per conception for Montbéliarde breed, suggesting that the difference was probably generated by the ability of cows to be more adapted to cold season, although the correlation coefficient was moderate.
- Fleckvieh cows with light colored coat had significant lower fertility, particularly during hot and dry season.
- Our results suggest the possibility to incorporate certain characteristics of the hair in the selection animals to facilitate their adaptation to this type of local environment. The characteristics to select here could be: Montbeliarde cows with large hair diameters, Fleckvieh cows with small white surface for the best reproduction performance.

Acknowledgment

The authors acknowledge the efforts of all the personnel of the farm who spared their valuable time and participate fully in data collection without which this work would not have been possible.

References

- Becerril C M, Wilcox C J, Lawlor T J, Wiggans G R and Webb D W 1993 Effects of percentage of white coat color on Holstein's production and reproduction in a subtropical environment. *J Dairy Sci*, 74:2286-2291
- Becerril C M and Wilcox C J 1992 Determination of percentage of coat color from registry certificates in Holsteins. *J. Dairy Sci*, 75:3582-3586. [https:// doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78135-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78135-1)

Bennett A and Hayssen V 2010 Measuring cortisol in hair and saliva from dogs: Coat color and pigment differences. *Domest. Anim. Endocrinol.* 39:171–180. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2010.04.003>

Bertipaglia E C A, DaSilva R G and Maia A S C 2005 Fertility and hair coat characteristics of Holstein cows in a tropical environment. *Anim. Reprod.* 2, 187 – 194.

Comin A, Peric T, Corazzin M, Veronesi M C C, Meloni T, Zufferli V, Cornacchia G and Prandi A 2013 Hair cortisol as a marker of hypothalamic-pituitary-adrenal axis activation in Friesian dairy cows clinically or physiologically compromised. *Livestock Science* 152, 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.11.021>

DaSilva R G 2000 Introdução à Bioclimatologia Animal[Introduction to Animal Bioclimatology]. Nobel-FAPESP, São Paulo. 286pp.

DaSilva R G, Arantes Neto J G and Holtz-Filho S V 1988 Genetic aspects of the variation of the sweating rate and coat characteristics of Jersey cattle. *Braz. J. Genet.* 11, 335 – 347.

Davenport M D, Tiefenbacher S, Lutz CK, Novak M A and Meyer J S 2006 Analysis of endogenous cortisol concentrations in the hair of rhesus macaques', *General and Comparative Endocrinology*, vol. 147, pp. 255-261. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2006.01.005>

Ealy D, Drost M and Hansen P J 1993 Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. *Journal of Dairy Science*; 76:2899-2905.

Harkey M R 1993 Anatomy and physiology of hair. *Forensic Sci. Int.*; 63:9–18.

King V L, Denise S K, Armstrong D V, Torabi M, Wiersma F 1988 Effects of a hot climate on the performance of first lactation Holstein cows grouped by coat color. *J Dairy Sci*, 71:1093-1096. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79657-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79657-5).

Maia A S C, Silva R G and Bertipaglia E C A 2003 Características do pelame de vacas Holandesas em um ambiente tropical: um estudo genético e adaptativo. *Rev Bras Zootec*, 32:843-853.

Paulsen R B, Wilkins D G, Slawson M H, Shaw K and Rollins D E 2001 Effect of four laboratory decontamination procedures on the quantitative determination of cocaine and metabolites in hair by HPLC-MS'. *Journal of Analytical Toxicology*, vol. 25, pp. 490-496.

Roman-Ponce H, Thatcher W W, Buffington D E, Wilcox C J and Van Horn H H 1977 Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. *Journal of Dairy Science*; 66:424-430.

Ryan P D, Boland M P, Kopel E, Armstrong D, Munyakazi L, Godke R A and Ingraham RH 1992 Evaluating two different evaporative cooling management systems for dairy cows in a hot, dry climate. *J Dairy Sci.*, 75:1052-1059.

Silva R G 2000 A model for determination of the thermal equilibrium of cattle in a tropical environment. *Rev. Bras. Zootec*. 29: 1244-1252. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000400039>

Turner H G 1964 Coat characters of cattle in relation to adaptation. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, 5:181-187.

Udo H M 1978 Hair coat characteristics in Friesian heifers in the Netherlands and Kenya. *Meded Landbouwhogeschool*, v.78:1-135.

Received 18 January 2018; Accepted 14 February 2018; Published 1 March 2018

[Go to top](#)

Annexe N° 1 : La répartition des terres agricoles dans la wilaya de BBA

			Hectares
Surface Agricole Utile (S.A.U)	Terres Labourables	Cultures herbacées	110148
		Jachères	12122
	Cultures Permanentes	Prairies Naturelles	150
		Vignobles	71
		Plantation d’arbres fruitiers	28738
Total S.A.U (1)			187847
Dont S.A.U Irriguée			8273
Pacages et parcours (2)			48498
Terres improductives de l’exploitation (3)			10556
Total des terres utilisées par l’agriculture (1+2+3)			246901
Superficies forestières (4)			97184
Terres improductives non affectées à l’agriculture (5)			38914
Superficie totale de la wilaya (1+2+3+4+5)			382999

Annexe N°2 : L'extraction du cortisol à partir des poils



Annexe N°3 : Fiche individuelle

Nom de l'éleveur :

N° d'identification ou nom de la vache :

Date de naissance :

Née localement ou importé :

Race :

Alimentation et abreuvement :

Saison	Ration de base	Complémentation	Pâturage	Abreuvement
Eté				
Automne				
Hiver				
Printemps				

Suivi de reproduction :

Gestation	Saillies			Vêlage	
	date	géniteur	IPC	date	sexe
1 ^{ère}					
2 ^{ème}					

Fichier de données « Contrôle laitier » :

lactation mois		1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	6 ^{ème}	7 ^{ème}	8 ^{ème}	9 ^{ème}	10 ^{ème}	11 ^{ème}	12 ^{ème}
1 ^{ère}	Date												
	quantité												
2 ^{ème}	Date												
	quantité												

Note état corporel

observation		1 ^{ère} obs	2 ^{ème} obs	3 ^{ème} obs	4 ^{ème} obs	5 ^{ème} obs
	Date					
	NEC					

Mensuration corporel :

Hauteur au garrot	tour de poitrine	Longueur du tronc

Suivi sanitaire :

Date	Maladie	Traitement
.....		

ملخص: كان الهدف من دراستنا هو دراسة العلاقة بين الكفاءة الإنجابية والإجهاد الحراري في أبقار الحلوبة ، وخاصة عندما تربي الحيوانات في درجات الحرارة العالية والإشعاع الشمسي المكثف. كيف. يمكن أن يكون اتجاه الاختيار نحو طبقة تتكيف مع البيئات الدافئة ، استراتيجية لتحسين الوظيفة الإنجابية للأبقار في الجزائر. وبالتالي ، تركز أبحاث هذه الأطروحة موجهة على العلاقة بين الأداء التناسلي ، وخصائص ثوب الأبقار المولودة في الجزائر أو المستوردة من أوروبا وعلاقتها بمستوى الكورتيزول في الشعر لدى 95 بقرة (28 فلاكفي، 67 موبليار). أظهرت النتائج أن الأبقار المستوردة تحتوي على ثوب أكثر بياضا من الأبقار المولودة محليا لسلالة موبليار ، ولكن لوحظ اتجاه معاكس للأبقار فلاكفي. وقد لوحظ التأثير الكبير لقطر الشعر الكلي على المجال من ولادة حتى الحمل للأبقار موبليار المستوردة ، مما يشير إلى تأثير أقل للتوتر الحراري على الكفاءة الإنجابية للأبقار ذات الشعر رقيقة. على الرغم من أن سلالة الأبقار فلاكفي ولدت محليا ، إلا أنها أدت أداءً تناسلياً كبيراً لجميع المعلمات. في سلالة موبليار ، كان HD مرتبطاً سلباً بـ عدد الخدمات للحمل في فصل الشتاء ($p = 0.01$, $r = -0.34$) ، بينما في الصيف ، لم تكن خصائص الغلاف مرتبطة مع جميع معلمات الخصوبة . في أبقار فلاكفي ، ارتبط لون المعطف بـ المجال من ولادة حتى التلقيح الأول و المجال من ولادة حتى الحمل ($p = 0.04$, $r = 0.60$; $p = 0.02$, $r = 0.67$ ، على التوالي) خلال الصيف ومع عدد الخدمات للحمل في فصل الشتاء ($p = 0.01$, $r = 0.86$). لم يلاحظ أي ارتباط بين مستوى الكورتيزول الشعر والخصوبة. يمكن أن تكون الخصائص المراد تحديدها هنا هي: أبقار موبليار بأقطار شعر كبيرة ، وأبقار فلاكفي بطبقة داكنة للحصول على أفضل أداء تكيفي والتكيف. ينتج عن هذا التكيف تعبير عن الأداء التناسلي العالي.

كلمات دالة: الماشية ، شبه الجافة ، التكيف ، خصائص الغطاء(الثوب) ، الكورتيزول ، القدرات

ABSTRACT: The aim of our study was to study a relationship between reproductive efficiency and heat stress in dairy cows, particularly when animals are raised under conditions of high temperatures and intense solar radiation. so how can thermal stress affects on reproduction performances. Selection of a hair, adapted to warm environments, could be a strategy to improve the reproductive function of cows in Algeria. The investigations in this thesis aimed to understand the relationship between reproductive performance, the characteristics of the coat of cows born in Algeria or imported from Europe and their relationship to the level of hair cortisol in 95 cows (28 Fleckvieh FL and 67 Montbéliarde MB).

The results showed that the imported cows had a whiter coat than the cows born locally for the MB breed, but an opposite trend was observed for the FL cows. The significant effect of total hair diameter was observed on the design calving interval (IC) for imported MB cows, suggesting less impact of heat stress on the reproductive efficiency of cows with a thin hair. Although, for the FL breed, the darkest cows were born locally, they performed significant reproductive performance for all parameters.

In the Montbéliarde breed, HD was negatively correlated with SPC in winter ($r = -0.34$, $p = 0.01$), whereas in summer, the coat characteristics were not correlated with all fertility parameters. In Fleckvieh cows, coat color was correlated with ICS and IC ($r = 0.67$, $p = 0.02$; $r = 0.60$, $p = 0.04$, respectively) during the summer and with SPC in winter ($r = 0.86$, $p = 0.01$). No association between the level of hair cortisol and fertility was observed.

The characteristics to select here could be: MB cows with large hair diameters, FL cows with a dark coat for the best reproductive and adaptation performance. This adaptation results in the expression of higher reproductive performance.

KEYWORDS: Cattle, semi arid, adaptation, coat characteristics, cortisol, performances,

RESUME : Notre étude avait pour but d'étudier une relation entre l'efficacité de la reproduction et le stress thermique chez la vache laitière, particulièrement lorsque les animaux sont élevés dans des conditions de températures élevées et rayonnement solaire intense. Comment, dès lors, minimiser les effets de la contrainte thermique sur la reproduction. L'orientation de la sélection vers un poil adapté aux environnements chauds, pourrait être une stratégie pour améliorer la fonction reproductrice des vaches en Algérie. Par conséquent les investigations de la présente thèse sont orientées sur la relation entre les performances de reproduction, les caractéristiques de la robe des vaches nées en Algérie ou importées d'Europe et leur rapport avec le niveau de cortisol des poils chez 95 vaches (28 Fleckvieh FL et 67 Montbéliarde MB). Les résultats ont montré que les vaches importées avaient un pelage plus blanc que les vaches nées localement pour la race MB, mais une tendance inverse a été observée pour les vaches FL. L'effet significatif du diamètre total des poils a été observé sur l'intervalle de vêlage à la conception (IC) pour les vaches MB importées, suggérant moins d'incidence du stress thermique sur l'efficacité de la reproduction des vaches avec un poil mince. Bien que, pour la race FL, les vaches les plus foncées soient nées localement, elles ont effectué des performances de reproduction significatives pour tous les paramètres. Chez la race Montbéliarde, le HD était négativement corrélée à la SPC en hiver ($r = -0.34$, $p = 0.01$), alors qu'en été, les caractéristique de pelage ne sont pas corrélés avec tous les paramètres de fertilité. Chez les vaches Fleckvieh, la couleur de la robe était corrélée avec ICS et IC ($r = 0.67$, $p = 0.02$; $r = 0.60$, $p = 0.04$, respectivement) pendant l'été et avec SPC en hiver ($r = 0.86$, $p = 0.01$). Aucune association entre le niveau de cortisol des poils et la fertilité n'a été observée. Les caractéristiques à sélectionner ici pourraient être: vaches MB avec de larges diamètres de poils, vaches FL avec une robe sombre pour la meilleure performance de reproduction et d'adaptation. Cette adaptation se traduit par l'expression des performances reproductives plus élevées.

MOTS CLES : Bovin, semi aride, adaptation, caractéristiques de la robe, cortisol performances,