

République Algérienne Démocratique et populaire

Université ABDELHAMID IBN

جامعة عبد الحميد بن باديس

BADIS – Mostaganem

مستغانم

Faculté des sciences de

كلية علوم الطبيعية و الحياة

La nature et de la vie



Département de : Agronomie

N°/AGR/2018

Mémoire de fin d'étude

Présenté par

RAKI Souad

Pour l'obtention du diplôme de

Master en : Agronomie

Spécialité : génétique et reproduction animale

Thème

**L'hérédité de la coloration de la robe chez les
bovins**

Soutenue publiquement le 27 /06 /2018

DEVANT LE JURY :

Président

P. BEKADA Ahmed

Professeur,Centre

Universitaire Tissemsilet

Encadreur

Mme FASSIH AICHA

(MA) U. Mostaganem

Examineur

M.TAHRI Miloud

(MA) U.Mostaganem

Année universitaire 2017/2018


Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma gratitude et mon remerciement pour toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation.

Je teins tout d'abord à remercier M^{me} FASSIH, mon encadrice à la faculté IBN BADIS de MOSTAGANEEM ; pour son aide, ses conseil, son encouragement et sa disponibilité da ce rapport.

Je remercie également Mr SI DJIDD directrice de société agriculture et le responsable de la ferme, pour leur aider à se familiariser avec le matériel et les différents techniques utilisés dans la ferme.

Je présente mon sincères remerciement à tous mes enseignants de la faculté, ainsi qu'aux personnels travaillants a la ferme.

Mon profond remerciement pour les membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce travail.



Je dédie ce mémoire

*A mes chers parents ma mère « FATiMA » et
mon père « SLiMEN ».*

*Pour leur patience, leur amour, leur soutien et
leur encouragement.*

A ma sœur ZiNEB.

A la fille de ma sœur NiNA.

A mes amies et mes camarades.

*Sans oublier tous les professeurs que ce soit du
primaire, du moyen, du secondaire ou de
l'enseignement supérieur.*

Sommaire

- ❖ Liste des figures
- ❖ liste des tableaux
- ❖ liste des abréviations

✚ Introduction

✚ Partie théorique

❖ Chapitre 1: généralité sur les races bovines

1) Généralités sur les races bovines.....	02
2) Les races étudiées.....	03
2-1) La <i>Prim'Holstein</i>	03
2-2) La <i>Montbéliarde</i>	04
3) Les races bovines en Algérie.....	05

❖ Chapitre 2: système pigmentaire

1) La pigmentation.....	07
1.1) Généralités sur la pigmentation des mammifères.....	07
1.2) Les pigments de coloration.....	08
2) La peau / les mélanocytes.....	09
3) Le mélanosome.....	11
3-1) L'eumélanosome et pheomélanosomes.....	13
3-2) Le transport des mélanosomes.....	14
4) La mélanogénèse.....	16
4- 1) Les mélanines.....	16
4-1-1) Voie de synthèse des mélanines.....	16
4-1-2) Rôle des pigments mélaniques.....	17
4-2) Régulation du système pigmentaire.....	17
4-2-1) Rôle du récepteur mélanocortine de type 1 (MC1R).....	17
4-2-2) Switch eumélanine/pheomélanine.....	20

❖ Chapitre 3: la couleur de la robe chez les bovin

1) la robe bovine.....	21
2) Déterminisme de la couleur de la robe chez les bovins.....	21
3) les différents types de la robe bovine.....	21
3-1) Les robes simples.....	21

3-2) Les robes composées.....	24
3-2-1) Les charbonnures.....	24
3-2-2) Les bringeures.....	24
3-3) Les robes modifiées.....	25
3-3-1) Le grisonnement.....	25
3-3-2) Les bigarrures.....	26
3-3-3) Les panachures.....	26

❖ Chapitre 4: la génétique de la coloration de la robe chez les bovin

1) La coloration de la robe chez le bovin.....	27
2) Les patrons de coloration.....	28
3) Déterminisme de la couleur de la robe chez les bovins.....	28
I.3.1 Le locus Extension (E).....	29
I.3.2 Le locus Agouti (A).....	30
I.3.3 Le locus Albinos (C).....	32
I.3.4 Le locus Dun.....	32
I.3.5 Le locus Dilute.....	33
I.3.6 Les mutations White-spotting.....	33

✚ Partie expérimentale

❖ Chapitre 1: lieu d'étude

1) Monographie de la Wilaya de Mostaganem.....	35
2) Situation géographique de la Wilaya Mostaganem.....	35
3) Climat.....	36
4) Relief.....	36
5) L'agriculture dans la wilaya de Mostaganem.....	37
6) Lieu de stage.....	38

❖ Chapitre 2: matériels et méthodes

1) matériels et méthodes.....	39
1-1) Objectif.....	39
2) Matériel expérimental.....	39
2-1) Matériel animal.....	39
2.2) La conduite des troupeaux.....	39
2-2-1) Rationnement	39
2-2-2) La reproduction.....	40

2-2-3) La prophylaxie.....	40
3) Matériels utilisés.....	40
3.1) Collecte des informations.....	40

❖ **Chapitre 3: résultats et discussion**

1) La distribution d'effectifs dans le cheptel.....	42
2) Fréquences génotypiques.....	44
2-1) Fréquences génotypiques de la <i>Holstein</i>	44
2.2) Fréquences génotypiques de la <i>Montbéliarde</i>	44
3) Fréquences allélique.....	44
3-1) Hypothèse.....	44
3.2) Fréquences alléliques de la race <i>Holstein</i>	45
3.2) Fréquences alléliques de la <i>Montbéliard</i>	45
4) Hérité de la couleur de la robe	46
4.1) Cas du monohybridisme	46
4.2) Hérité de G2.....	47

✚ **Conclusion**

✚ **Annexe**

✚ **Bibliographie**

✚ **Résumé**

Liste des figures

Figure01: photos prise de la Vache Holstein de couleurs pie-noire.....	04
Figure02: photos prise de la Vache de race <i>Montbéliarde</i>	05
Figure03:localisation des mélanocytes au niveau des tissus cellulaire.....	09
Figure04: les mélanocytes et kératinocytes observées par microscope optique	10
Figure05:mélanocytes en cultures observée par microscope électronique de (d'après <i>Bologna et Orlow, 2003</i>).....	11
Figure06: un mélanocyte humain observé avec un microscope.... électronique à transmission dans une peau humaine deux mois après transplantation sur la souris nude (x 10000) ; 2) détail d'un autre mélanocyte montrant les mélanosomes (x20000).....	12
Figure07:illustration des quatre stades (I, II, III et IV) de la biogenèse du mélanosome (Hearing et al., 2005).....	12
Figure08:mouvement antérograde des vésicules de sécrétion et transport des mélanosomes dans des cellules non pigmentées (en haut) et pigmentées (en bas).....	13
Figure09: Schéma de récepteur MC1R et la synthèse de mélanine. TYR = Tyrosinase.....	18
Figure 10: schéma simplifié de la production d'eumélanine.....	18
Figure 11: schéma simplifié de la production de la phéomélanine...	19
Figure 12: schéma simplifié de l'action de ASIP.....	19
Figure 13: photo de la vache Camarguaises avec pelage noir.....	22
Figure 14: photo de la génisse limousine avec pelage fauve.....	23
Figure 15: photo de vaches blondes d'aquitaine avec pelage sable...	23
Figure 16: photo de vaches charolaises avec pelage blanc.....	24
Figure17: photo de vaches jersiaise avec pelage Légèrement charbonné.....	25
Figure18: photo de vaches Normande avec pelage moyennement bringé.....	25
Figure 19: photo de vaches de La petite grise des Alpes avec pelage gris.....	26
Figure20: photo de vaches de Normande avec pelage bigarré.....	26
Figure21: photo de la vaches Montbéliardes avec pelage de panachure irrégulière avec tête	26
Figure22: Quelques phénotypes de la coloration de la robe chez le bovin.....	26

Figure23: découpage de la wilaya de Mostaganem.....	35
Figure24: situation géographique de la wilaya de Mostaganem.....	36
Figure25: le relief de la Wilaya de Mostaganem.....	37
Figure26: situation géographique de la ferme par satellite.....	39
Figure27: La distribution d'effectif du cheptel.....	39
Figure28: Distribution de la couleur de la race <i>Holstein</i>	40
Figure29: Distribution de la couleur <i>Montbéliardes</i>	42
Figure30: la distribution de la couleur pie noir et pie rouge chez le cheptel.....	42
Figure31: La distribution de la fréquence d'allelique chez la race <i>Holstein</i>	43
Figure32: La distribution du génotype de la 1 ^{ière} génération.....	46
Figure33: La distribution du génotype de la 2 ^{ème} génération.....	48

Liste des tableaux

Tableau 01: Loci affectant la couleur de la robe chez les bovins.....	29
Tableau 02: Loci génétiques décrits chez le bovin, (<i>Olson, 1999</i>).....	34
Tableau 03 : distribution d'effectif du cheptel.....	42
Tableau 04 : distribution d'effectif de la race <i>Holstein</i>	47

Abréviations

- * α -MSH: α -Melanocyte Stimulating Hormone.
- * AMPc : Adénosine MonoPhosphate cyclique.
- * DHI: DiHydroxyIndole .
- * DHICA : DiHydroxyIndole Carboxylic acid.
- * DOPA : Dihydroxyphenylalanine.
- * dNTP : DésoxyNucléotide TriPhosphate.
- * ddNTP : DiDésoxyriboNucléotide TriPhosphate.
- * Dnase : Déoxyribonucléase .
- * DHI : DiHydroxyIndole
- * DHICA : DiHydroxyIndole Carboxylic acid
- * EDTA : acide éthylène diamine tétra-acétique.
- * EDTA : acide éthylène diamine tétra-acétique.
- *LCR : Région de Contrôle de Locus MC1R : Récepteur 1 aux Mélanocortines.
- *RER : Réticulum Endoplasmique, Réticulum Endoplasmique Rugueux.
- *Rnase : Ribonucléase RT-PCR : transcription inverse.
- * RE, RER : Réticulum Endoplasmique, Réticulum Endoplasmique Rugueux
- * Rnase : Ribonucléase.
- *TYR : tyrosinase humaine ou bovine.

Introduction

La couleur de la robe des mammifères est déterminée par les quantités relatives de deux pigments: l'eumélanine (brun/noir) et la phéomélanine (rouge/jaune). Ces pigments produits dans des cellules spécialisées, les mélanocytes, sont notamment présents dans la peau et les phanères.

La variabilité de la couleur observée au sein de diverses espèces a toujours fasciné à la fois les éleveurs et les généticiens. Parce qu'il s'agit d'un critère de reconnaissance à l'évidence facilement utilisable, les éleveurs se sont depuis le début de la domestication, il y a plus de 6000 ans, intéressés à la couleur de la robe de leurs animaux de rente.

Comme en témoignent les peintures murales et les papyrus égyptiens les plus anciens, c'est la diversité des patrons de coloration qui a eu pendant longtemps la faveur des premiers sélectionneurs de bovins. Considérée comme un témoignage de richesse et d'abondance, la robe était alors le fruit d'un métissage assez généralisé dû au mode d'élevage extensif et à la pratique du nomadisme. Une telle situation est encore rencontrée dans certains pays aux grands espaces.

Aujourd'hui les études s'intéressent à l'identification moléculaire des différents allèles de gènes de coloration chez le bovin. Ces allèles, qui deviendront alors des marqueurs génétiques, contribueront à une meilleure traçabilité raciale des populations bovines et de leurs produits dérivés ; traçabilité que les éleveurs souhaitent garantir aux consommateurs.

L'objectif du thème se base sur la caractérisation de la couleur de la robe chez les bovins par l'examen de profil des animaux adultes et leur descendance, en reposant sur les carnets de naissance en utilisant un profilage phénotypique pour accueillir le maximum d'information.

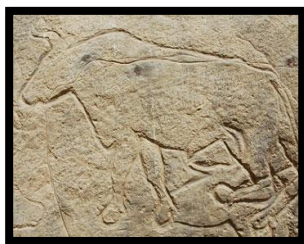
La première partie de cette mémoire consiste à dresser l'état de l'art des connaissances bibliographiques. Après quelques données d'ordre général sur les races bovines et la distribution du troupeau en Algérie. Puis, le système pigmentaire sera décrit sous un aspect cellulaire. Ensuite, la synthèse des pigments et sa régulation seront abordés. La deuxième partie représente le lieu de stage la ferme de qui se localise à *Bouguirat* 30 km de Willaya de *Mostaganem*. Enfin l'étude est portée sur un effectif total de 100 têtes bovines (70 race *Hostein*, 30 race *Montbéliard*), dont le but de mémoire est d'illustrer les patrons de coloration chez les bovins et la maîtrise des bonnes pratiques de l'élevage.

I.1. Généralités sur les races bovines

la famille des bovidés est parmi celle qui comprend la plus grande partie des représentants des Artiodactyles. Ce sont tous des mammifères ruminants et herbivores qui comprend une dizaine de sous-familles, dont en particulier les bovinés, les caprinés (qui englobent les ovins) et antilopes, dont les bovidés ou Antilopes constituent une famille très hétérogène incluant des animaux de petite taille. Cette famille a été définie par *John Edward Gray (1800-1875)* en 1821.

L'aurochs est une espèce disparue de bovidé, ancêtre des races actuelles de bovins domestiques, et appartenant au genre *Bos*. Son nom scientifique est *Bos primigenius* mais, selon les auteurs, il peut être considéré comme une sous-espèce (*Bos taurus primigenius*) des bovins de l'espèce *Bos taurus*. Il est également désigné parfois par les noms d'urus ou ure; ces appellations étant toutefois considérées comme anciennes. Menacé par la domestication et la chasse, l'aurochs n'existait plus qu'en Europe de l'Est à partir du XIIIe siècle, avant de s'éteindre dans la première moitié du XVIIe siècle. L'aurochs a fait en 1920 l'objet de tentatives de reconstitution par élevage sélectif de races bovines. Les frères Heinz et Lucks Heck créèrent une espèce s'en approchant, appelée aurochs de Heck, que l'on peut observer aujourd'hui en Europe, comme dans la forêt de Rambouillet, en France.

Cet animal préhistorique peu connu (et médiatisé) car ressemblant beaucoup trop à nos bovins actuels. Hormis la taille et le poids on pourrait confondre sa silhouette avec celle d'un taureau actuel. Preuve d'une répartition géographique importante, on a retrouvé des ossements de cet animal un peu partout en Europe dans les sites paléolithiques. Il a été également été l'un des sujets préférés des hommes du Paléolithique dans l'art préhistorique : il est souvent représenté dans les grottes ornées, notamment dans la célèbre grotte de Lascaux. Très bien adapté sous nos climats, l'aurochs n'a véritablement disparu qu'il y a un peu plus de 600 ans, principalement à cause d'une chasse intensive.



Aurochs - Qurta (Egypte) - RMAH
Bruxelles



Aurochs sur le site de Terra Amata à Nice
Musée de Paléontologie Humaine de Terra Amata

I.2. Les races étudiées

I.2.1. La *Prim'Holstein*

Originnaire de Hollande, cette vache a été implantée dans le nord de la France au début du XIX^e. D'abord nommée hollandaise, puis française frisonne pie noir, où leur appellation locale va devenir tout naturellement Frisonne, nom de la région en 1990 et devient *Prim'Holstein* à la suite de l'apport de sang de vaches Holstein américaines.

L'ensemble des Pie noir du monde semble provenir d'une même région du littoral de lamer du nord, comprise entre les régions de la Frise (pays-bas) et du Jutland (Danemark) en passant par le holstein (Allemagne). Ensuite la race va rapidement conquérir l'Amérique mais aussi l'Europe. En effet au même moment, cette race faisait son apparition sur le sol français.

Sa grande taille et sa robe pie noir, la rendent facilement reconnaissable. Ses performances laitières ainsi que sa faculté d'adaptation à toutes sortes de systèmes de production en font la race la plus répandue tant sur le plan national qu'international. Son poitrail est large et sa tête est plutôt courte avec un mufler large. Sa mamelle est volumineuse, avec longue tète à profil droit et mufler large; cornes en croissant.

La robe est pie noire, formée de large plaques noires et blanches, bien délimitées. L'extrémités des pattes et la queue sont blanche. Elle pèse environ 700 kg pour 1,35 m au garrot (figure 1).

la race et aujourd'hui de type lait spécialisé, elle est dotée d'une excellente morphologie fonctionnelle: une mamelle adaptée à la traite mécanique, une capacité corporelle permettant une valorisation optimale des fourrages, un bassin légèrement incliné facilitant les vèlages, des membres assurant une bonne locomotion.



Figure 1. Photos prise de la vache *Holstein* de couleurs pie-noire.

I.2.2. La Montbéliarde

La *Montbéliard* a été reconnue en 1989 lors de l'exposition universelle de Paris. Issue d'une tradition fromagère, c'est une laitière à haut potentiel qui allie des quantités de taux protéiques, de sa résistance aux mammites et quantité de mamelle, sans pour cela oublier les aptitudes bouchères.

Vers la fin du XIX siècle, les activités industrielles puis agricole de toute cette région de l'est de la France ont périclité dans la partie basse. Seule la petite région de *Montbéliard* y a échappé, modernisant son industrie et bénéficiant de l'impulsion des fermiers mennonites Suisses. Ces derniers, grâce à une meilleure alimentation et à une sélection déjà ancienne sur la rouge de Bern, possédaient un cheptel bovin homogène d'une conformation et d'une productivité supérieures à la moyenne. Ces qualités se diffusèrent peu à peu dans toute la Franche-Comté .

C'est en 1872 que la dénomination de "race *Montbéliard*" fut utilisée pour la première fois par *J. Graber*, éleveur du pays de Montbéliard au comice de Langres. Elle fut reconnue en 1889 à l'exposition universelle de Paris et un herd-book fut alors créée.

Dès cet époque les éleveurs s'attachèrent à sélectionner des qualités laitières tout en préservant des aptitudes à la production de viande de leur race. L'orientation laitière a ainsi permis d'approvisionner les fruitières qui se sont développées après 1900 jusque dans les zones de plaine. La fourniture d'animaux aux éleveurs laitières du Midi de la France, puis d'Algérie a aussi constitué pour la race un débouché important, jusque dans les années cinquante.

Encore minoritaire au sein du groupes des françaises Pies rouges juste après la guerre, la *Montbéliarde* n'a cessé de se développer depuis, pour devenir aujourd'hui la 2^{ème} race laitière française. elle est caractérisée par une tête fine, large aux yeux, à profil droit, mufler large; cornes longues et fines, de type jurassique , avec poitrine large et profond, dessus rectiligne, bassin long et large, légèrement incliné; mamelle attachée loin à l'avant, haut et large à l'arrière trayons réguliers implantés au milieu des quartiers et légèrement orientés, vers l'intérieur; membres d'aplomb, jarrets larges plats et secs, paturons légèrement inclinés (figure 2).

La coloration robe pie rouge, le blanc prédominant dans la partie inférieure du corps et aux extrémités; le rouge de la partie supérieure est franc et vif. Lunettes et taches rouges sur les joues sont tolérées. Onglons et muqueuses plutôt clairs.



Figure 2 . Photos prise de la vache de race *Montbéliarde*.

I.3. Les races bovines en Algérie

En Algérie, la composition du troupeau a fortement changé avec l'introduction, depuis 1970, des races Pie-Noire, Pie-Rouge et Tarentaise. Les croisements, souvent anarchiques, et l'insémination artificielle à base de semences importées ont fortement réduit le sang de races locales qui ne subsistent en mélange que dans les régions marginales (montagnes, élevage bovin en extensif)(*Abdelguerfi et Bedrani, 1997*).

Les races locales croisées ont pris l'appellation de "Bovin laitier amélioré" en opposition au "Bovin laitier moderne" constitué uniquement de races importées(*Abdelguerfi et Bedrani , 1997*).

La race bovine principale reste donc la race locale, spécialement la Brune de l'Atlas, dont des sujets de races pures sont encore conservés dans les régions montagneuses, surtout isolées. Elle est subdivisée en quatre rameaux qui se différencient nettement du point de vue phénotypique. La *Guelmoise*, identifiée dans les régions de Guelma et de Jijel, compose la majorité du cheptel bovin algérien vivant en zone forestière. La Cheurfa, qui vit en bordure des forêts, est identifiée dans la région de Guelma et sur les zones lacustres de la région de Annaba. La *Chélifienne* et la *Sétifienne* sont adaptées à des conditions plus rustiques. La Djerba, qui peuple la région de Biskra, se caractérise par son adaptation au milieu très difficile du sud. Les populations bovines Kabyle et Chaoui, qui s'apparentent respectivement aux populations *Guelmoise* et *Guelmoise-Cheurfa*, et les populations de l'Ouest localisées dans les montagnes de Tlemcen et de Saida, lesquelles ont subi des croisements avec une race ibérique (*Gredaal, 2002*).

II.1. La pigmentation

II.1.1. Généralités sur la pigmentation des mammifères

La couleur de la robe a pendant longtemps fasciné les éleveurs et les généticiens. Les premières expériences de génétique, réalisées durant la 1^{ère} moitié du 20^{ème} siècle, en disent long sur son hérédité. Mais, ce n'est que récemment, que certains gènes responsables ont été découverts, alors que de nombreux autres restent encore inconnus (*Ismail boujemane, 2011*).

L'animal modèle d'étude des gènes de coloration est bien évidemment la souris. En 1979, *Silvers* nota dans son livre référence « The Coat Colors of Mice » (*Silvers, 1979*) a été la pierre angulaire de l'analyse systématique et rigoureuse des souris présentant des anomalies de pigmentation. L'étude de ces souris mutantes a grandement contribué à la compréhension des rôles fonctionnels de gènes précis dans la peau et la biologie du mélanocyte. D'ailleurs *Silvers* nota dans son livre l'existence de 130 mutations (allèles) au niveau de 50 loci (*Silvers, 1979*).

Les mélanocytes synthétisent la mélanine, qui désigne de nombreux pigments biologiques foncés qui sont notamment responsables de la coloration des téguments dans le règne animal (*Berzelius, 1840*).

La répartition de mélanines dans le tégument, les phanères et en particulier le pelage, dépend de nombreux facteurs hormonaux (qui viennent stimuler la mélanine), des Facteurs pathologiques, comme l'albinisme ou bien des facteurs héréditaires. Dans la crête neurale tout d'abord, les mélanoblastes doivent se différencier correctement, puis ils doivent recevoir au bon moment le signal pour débiter leur migration vers leurs destinations finales. Pour parvenir à une pigmentation uniforme, les mélanoblastes doivent non seulement se disperser correctement mais également se différencier en mélanocytes qui à leur tour doivent fonctionner de manière appropriée. Les signaux nécessaires pour déclencher tous ces événements dépendent de l'expression d'un certain nombre de gènes des mélanoblastes et/ou mélanocytes, mais aussi d'autres types cellulaires. C'est ainsi que les motifs de pigmentation dans la peau et les poils peuvent dépendre des kératinocytes, et les gènes qui contrôlent la différenciation de ces derniers peuvent avoir des effets indirects sur la coloration.

La multiplicité des combinaisons possibles aboutit à une très grande variété de systèmes de répartitions de diverses couleurs dans l'appareil cutané. Ils sont parfaitement définis, d'une part, dans l'espèce, chez les Mammifères sauvages, où ils ont une valeur adaptative et sont déterminés

par l'action de la sélection naturelle, d'autre part, dans la race chez les espèces domestiques, où la sélection est guidée par l'intérêt économique ou esthétique.

II.1.2. Les pigments de coloration

La pigmentation chez les mammifères est définie par la synthèse et la distribution de deux pigments : l'eumélanine (brun/noir) et la phéomélanine (rouge/jaune), synthétisés dans des cellules spécialisées, les mélanocytes. Plus d'une centaine de gènes sont impliqués dans l'établissement de la couleur du pelage chez la souris et sont retrouvés chez les animaux d'élevage. Cependant, parmi tous ces gènes, certains, peu nombreux, sont impliqués uniquement dans la coloration, tandis que les autres assurent également d'autres fonctions biologiques (*Marie- hélène, 2000*).

C'est le cas des gènes de coloration de la robe chez les bovins. On considère aujourd'hui que les processus cellulaires et biochimiques responsables de la pigmentation sont sous la dépendance d'une certaines gènes (*Urabe et al, 1993*) parmi lesquels une dizaine auraient importance majeure . les produits de certains gènes contrôlent des fonction aux niveau tissulaire ou cellulaire: c'est le cas, par exemple des gènes codant pour les récepteurs mélanoblastiques c-Kit, ET_A-R, ET_b-R (*Marie- hélène, 2000*).

Le premier gène que nous avons étudié chez le bovin est le locus extension appelé également MC1R, qui présente 4 allèles (E, e, E¹, E^D) . Il code un récepteur à sept domaines transmembranaires (MC1R) ancré dans la membrane du mélanocyte. Il fait partie d'une famille composée de cinq membres (MC1 à MC5). L'interaction de l'hormone alpha-MSH avec MC1R conduit les mélanosomes matures à synthétiser la mélanine noire suite à l'augmentation des activités des enzymes impliquées directement dans la synthèse des pigments, la tyrosinase, TRP1 et TRP2.

Les chercheurs ont analysé les génotypes de 8 races bovines pour ce gène. Ils ont ainsi montré que l'allèle E^D est caractéristique de la race *Prim'Holstein* ; alors que l'allèle E est spécifique de la race Normande. Néanmoins, les deux autres allèles ne permettent pas de distinguer, à eux seuls, la Blonde d'Aquitaine (à la robe blonde) de la Salers (rouge acajou) ; ou encore l'Aubrac (fauve) de la Gasconne (gris argenté). Seule explication possible de cette discordance : d'autres gènes doivent être impliqués.

A l'inverse, l'interaction de ce même récepteur avec la protéine Agouti conduit à une réduction de l'activité de ces enzymes dans le mélanosome et on observe une synthèse préférentielle de pigments rouge/jaune (*Rouzaud et al., 2000*).

II.2. La peau / les mélanocytes

La fonction biologique du système pigmentaire chez les mammifères est de produire un biopolymère, la mélanine, qui absorbe la lumière. Cette synthèse se déroule à l'intérieur de cellules spécialisées, les mélanocytes épidermiques, oculaires et folliculaires (*Nordlund et al., 1998*).

les mélanocytes sont des cellules chargées de fabrication de la mélanine. Ils ont une forme globuleuse d'où l'on distingue des prolongation appelées dendrites en ramifiant entre les kératinocytes vers la surface cutanée. Elles sont responsables de la couleur de la peau se situent au niveau de la couche basal tandis que les responsables de la couleur du cheveux se situent à la base du follicule pilocébacé (*Gilles bagard, 2017*) (figure 03).

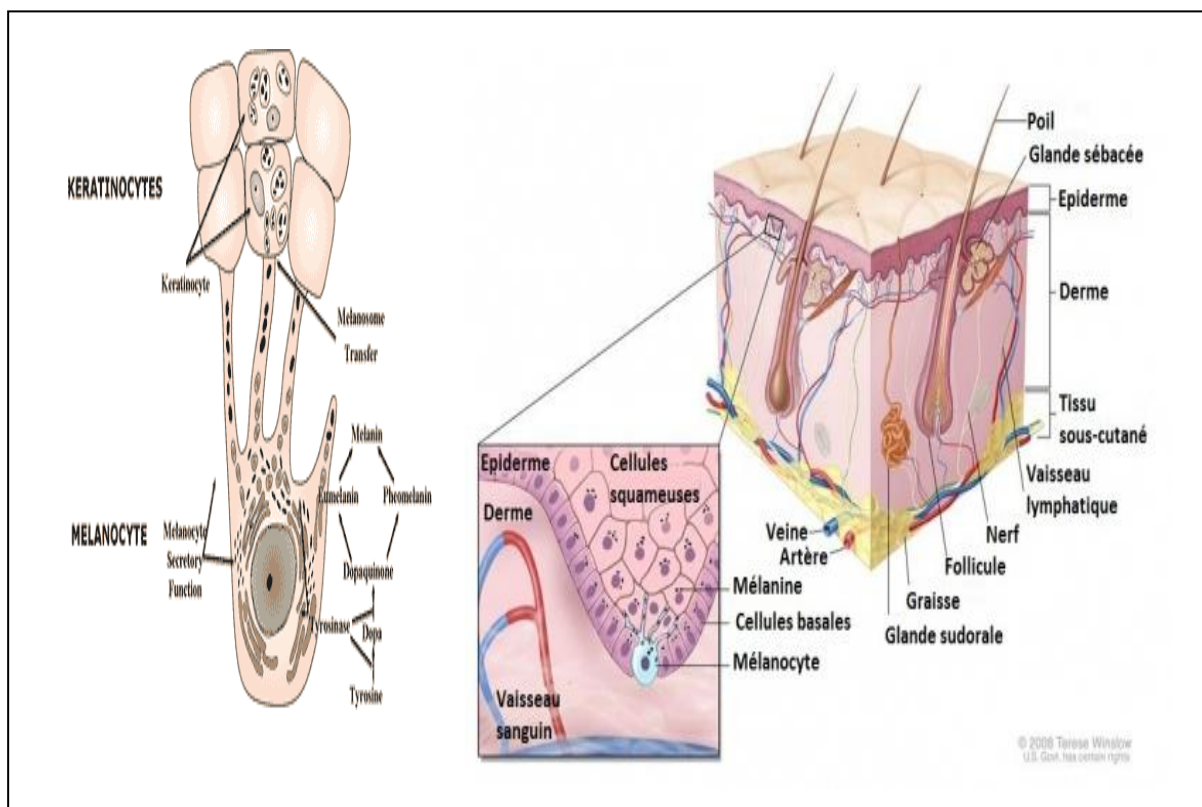


Figure 03 : Localisation des mélanocytes au niveau des tissus cellulaires.

les mélanocytes sont responsables de la synthèse d'un pigment brun, la mélanine, qui ensuite transférée vers les kératinocytes adjacents. Ils existe des différences significatives, raciales et génétiques, dans l'activité de la synthèse de la mélanine par les mélanocytes, expliquant les degrés variables de la pigmentation normale de la peau. L'exposition de la lumière solaire augmente la synthèse de la mélanine et son transfert vers les kératinocytes (*Alan Stevens et al., 2004*) (figure 04).

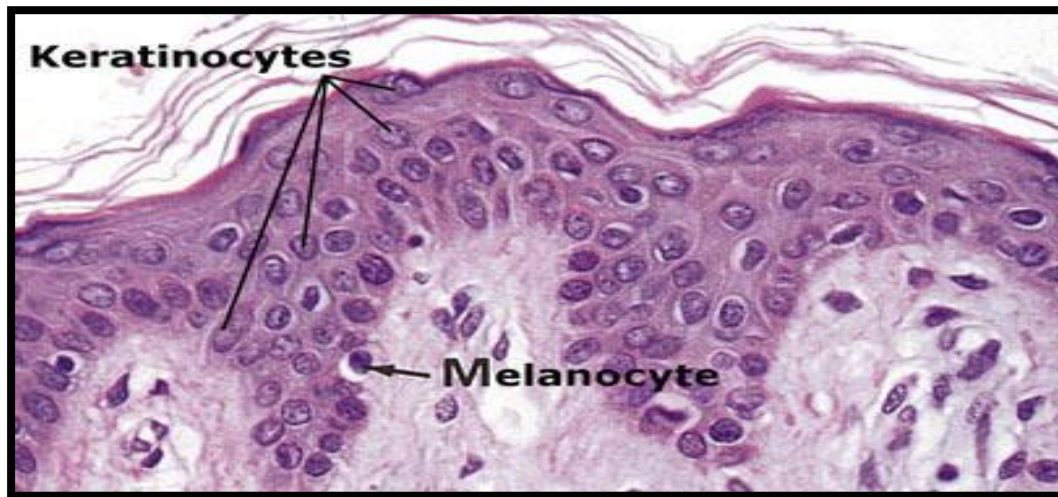


Figure 4 : les mélanocytes et keratinocytes observées par microscope optique .

plus précisément les mélanocytes proviennent de cellules ayant migré de la crête neurale. Ils sont responsables de la pigmentation de la peau. Ils synthétisent un pigment brun foncé, la mélanine, dans les organites spéciaux, les mélanosomes transfèrent ensuite leurs mélanosomes dans les kératinocytes des strates profondes. le terrain d'action de chaque mélanocyte s'étend en moyenne sur 36 kératinocytes (unité épidermique de mélanisation), c'est l'unité fonctionnelle qui produit et distribue les mélanines au niveau de la peau est composée d'un mélanocyte et d'approximativement 36 kératinocytes voisins (*Jimbow, 1995*) (figure 04).

En microscopie électronique, les mélanocytes se caractérisent par un cytoplasme clair, ne contenant ni tonofilaments ni desmosomes mais contenant de nombreux microfilaments et des organelles spécifiques, les mélanosomes à différents stades de maturation (*Mort RL, al., 2015*) (figure 5).

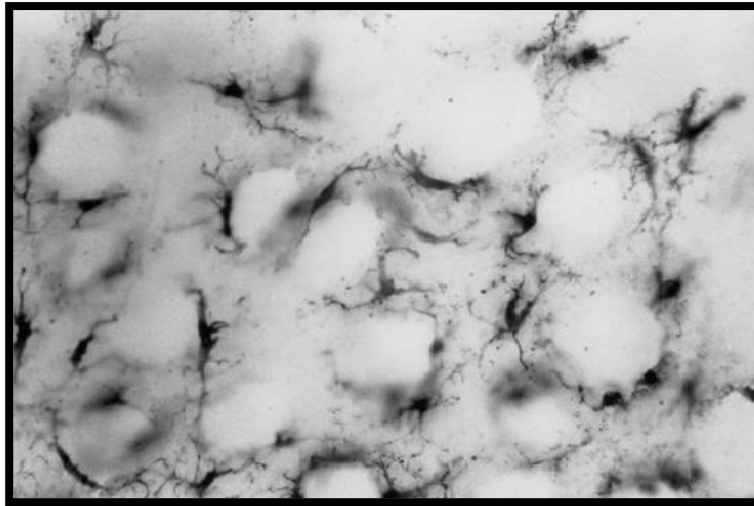


Figure 5: Mélanocytes en cultures observée par microscope électronique de (d'après *Bologna et Orlow, 2003*).

II.3. Le mélanosome

les mélanosomes sont des organites synthétisant et stockant un pigment brun noir, la mélanine qui a comme fonction principal d'absorber la lumière, y compris les rayons ultraviolets nocifs. On trouve des mélanosomes dans les mélanocytes de la peau et les pigmentocytes de l'œil. Il existe différentes anomalies génétiques menant à la formation protéines mélanosomiales anormales et à des déficits de synthèse de mélanine pouvant aller jusqu'à l'albinisme (*Renate Lüllmann-Rauch, 2008*).

les mélanosomes sont des organites ovoïdes d'environ 1µm. On en trouve dans les mélanocytes de la peau et des follicules pileux dans les pigmentocytes épithéliaux de la rétine, du corps ciliaire et de l'iris de l'œil, dans lequel on trouve aussi des mélanocytes (cornée, choroïde et stroma iridien). les cellules synthétisant la mélanine dérivent du neurectoderme (*Renate Lüllmann-Rauch, 2008*).

les mélanosome de la peau présentent la particularité de migrer en permanence vers la surface (avec les mélanocytes de la peau et des poils auxquels ils donnent leurs couleur); ils doivent être continuellement remplacés.

Les mélanosomes apparaissent probablement par bourgeonnement à partir d'endosomes précoces. Au stade I de prémélanosomes, ils ne contiennent pas encore de tyrosinase mais ils enferment quelques autres protéines spécifiques des mélanosomes, comme la protéine Pmel 17. Au stade II, celle-ci donne naissance à un réseau interne. C'est au moment où l'appareil golgien y injecte de la tyrosinase que commence le stade III avec la synthèse débutante de mélanine qui va se fixer de

manière visible sur le réseau. Au stade IV enfin, le mélanosome est bourré de la mélanine qui masque sa structure interne. Dans la mélanocyte de l'épiderme, la production de nouveau mélanosome est stimulée par les rayons du soleil mais aussi par certaines hormones et cytokines (*Renate Lüllmann-Rauch, 2008*) (figure7).

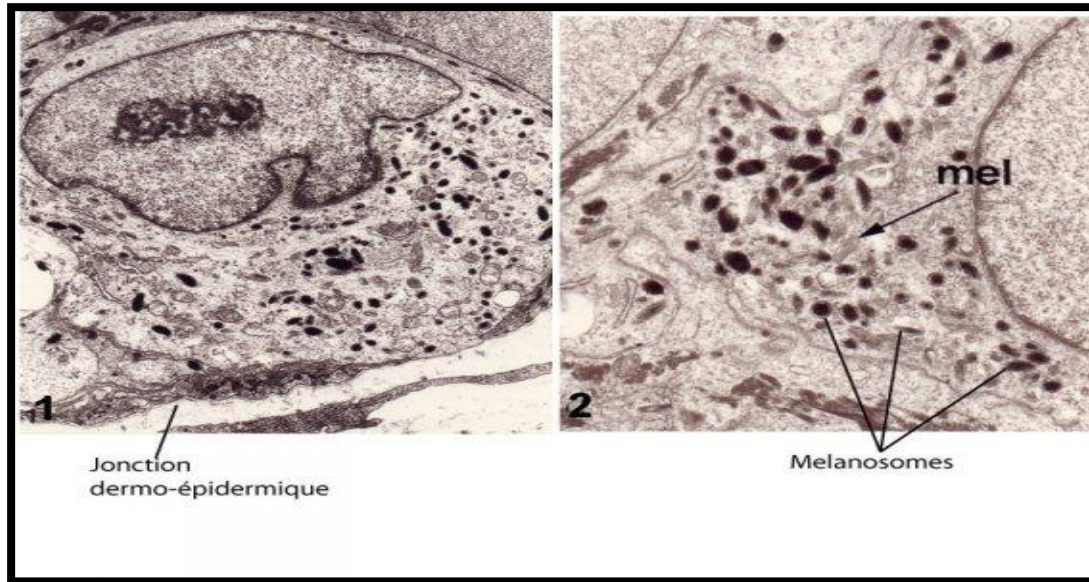


Figure 6. Un mélanocyte humain observé avec un microscope électronique à transmission dans une peau humaine deux mois après transplantation sur la souris nude (x 10000) ; 2) détail d'un autre mélanocyte montrant les mélanosomes (x20000).

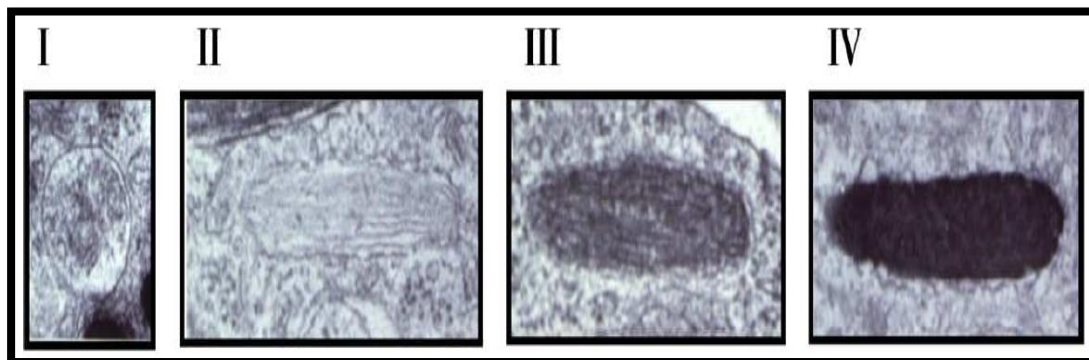


Figure 7. illustration des quatre stades (I, II, III et IV) de la biogenèse du mélanosome (*Hearing et al., 2005*).

II.3.1. L'eumélanosome et pheomélanosomes

Deux grands types de mélanosomes sont produits et nommés conformément au type de mélanine qu'ils contiennent : l'eumélanosome est grand (environ 0,9 X 0,3 μm) et ellipsoïdal et possède une matrice glycoprotéique hautement structurée indispensable à la production de pigments eumélaniques marron/noir, les pheomélanosomes sont plus petits et sphériques (environ 0,7 μm de diamètre), composés d'une matrice de glycoprotéines plus lâche et désorganisée où se déroule la synthèse de pheomélanines jaune/rouge.

A) Eumélanine

L'eumélanine est un copolymère fortement hétérogène consistant d'unités de DHI (DiHydroIndole) et de DHICA (DiHydroxyIndole Carboxylic Acid.) sous forme réduite ou oxydée. Par contre la pheomélanine est principalement composée de dérivés benzothiazine contenant du soufre. Les mélanines sont synthétisées à partir de la tyrosine fournie de façon exogène par la circulation sanguine. Les tyrosines sont oxydées par la tyrosinase et métabolisée en DOPAs puis en DOPAquinones qui sont automatiquement oxydés en composés indole. Ces composés indole se lient entre eux pour former l'eumélanine.

L'eumélanine a une forme granuleuse. Ses pigments sont grands, elliptiques et abondants et sont responsables d'une couleur allant du brun-rouge au noir. Lors d'un processus d'éclaircissement, ces pigments seront les premiers à se dissoudre (*Gilles bagard, 2017*).

B) Pheomélanine

La pheomélanine est caractérisée par des taches irrégulières et diffuses. Ses pigments sont petits sphériques dispersés et sont responsables d'une pigmentation allant du jaune clair au roux. Lors d'un processus d'éclaircissement, ces pigments sont plus difficiles à éliminer (*Gilles bagard, 2017*).

La voie de la production de la pheomélanine fait intervenir des composés soufrés. Le soufre est présent dans la cellule soit sous la forme d'un acide aminé, la cystéine, soit sous la forme d'un tripeptide, le glutathion qui sous l'action d'une glutamyl-transpeptidase peut libérer une cystéine. La réaction spontanée de la cystéine avec les DOPAquinones aboutit à la formation des 5-S-cysteinyl DOPA qui polymérisent pour former la pheomélanines.

La maturation du mélanosome comporte quatre stades. Le premier est commun à l'eumélanogénèse et à la pheomélanogénèse et provient d'endosomes tardifs issus du réticulum

endoplasmique (RE). Cependant, dans les stades suivants, les eumélanosomes sont toujours ellipsoïdaux alors que les pheomélanosomes restent sphériques. Les eumélanosomes de stade II exhibent une structure interne très organisée qui au fil du stade III se charge d'un dépôt régulier et périodique de mélanine opaque. Finalement, les eumélanosomes de stade IV sont si mélanisés que leur structure interne devient invisible. Les pheomélanosomes, quant à eux, contiennent seulement du matériel granulaire pendant les quatre stades de la maturation mélanosomale. Lors de la biogénèse du mélanosome, la protéine GP100 (Silver) y est adressée précocement au stade I. D'autres protéines mélanosomales y sont également adressées de façon précoce (*Kushimoto et al., 2001*).

Cependant, ces protéines sont rapidement dégradées ou partiellement clivées, probablement à cause de la nature hautement protéolytique de certaines enzymes présentes dans ce milieu (*Diment et al., 1995*). Cette dégradation détruit en particulier la fonction catalytique des enzymes TYR et DCT et inhibe la synthèse des mélanines.

II.3.2. Le transport des mélanosomes

Le mécanisme de transfert des mélanosomes et/ou de mélanines, à partir des mélanocytes de la peau et du follicule vers les cellules kératinocytes adjacentes est peu connu. La plupart des connaissances sont basées sur des études *in vitro*, de co-culture des deux types cellulaires (*Scott et al., 2002*). Quatre modes de transfert ont été proposés (*Van Den Bossche et al., 2006*).

Le premier appelé « cytophagocytose » implique la phagocytose des extrémités dendritiques par les kératinocytes, et ainsi les granules de mélanines sont dispersés dans le cytoplasme.

Le second appelé « fusion » met en jeu le transfert physique des mélanosomes via un canal de communication intercellulaire nommé « Filopodia » (*Scott et al., 2002*).

Le troisième implique l'exocytose des mélanines du mélanocyte suivie de l'endocytose au niveau des kératinocytes.

Enfin, le mode de transfert via des vésicules membranaires, consiste en l'export des mélanosomes dans des vésicules membranaires qui fusionnent avec la membrane plasmique des kératinocytes, ou bien elles sont ingérées par phagocytose.

Dans les deux cas les mélanines se retrouvent dans les kératinocytes. Après transfert, les mélanines sont transportées vers la face apicale du noyau afin de protéger le matériel génétique contre les lésions causées par le rayonnement ultraviolet. De nombreux facteurs, impliqués dans le

mécanisme de transfert, ont été identifiés. Par-2 (Proteinase-Activated Receptor 2) appartient à la famille des récepteurs activés par des sérines protéases, qui clivent le domaine amino-terminal extracellulaire et engendre son activation.

Des études *in vitro* et *in vivo* ont montré que la stimulation de ce récepteur augmente le taux de la phagocytose par les kératinocytes et conduit à un niveau de transfert de mélanines élevé (*Seiberg et al., 2000 ; Paine et al., 2001*).

De part son rôle dans la phagocytose, Par-2 agit sur la pigmentation de la peau en stimulant la formation des dendrites mélanocytaires. En effet, suite à leurs stimulations, les prostaglandines Pge2 et Pgf2a, sont secrétées par les kératinocytes dans le milieu intercellulaire. Elles se fixent sur les récepteurs mélanocytaires, Ep1, Ep3 et Fp, pour induire la formation de dendrites (Scott et al., 2004).

Par ailleurs, les cadhérines semblent jouer un rôle majeur dans l'adhésion mélanocyte-kératinocyte. En effet, la E-cadhérine et la P-cadhérine sont exprimées dans les mélanocytes humains et entraînent leurs adhésions aux kératinocytes calcium-dépendant. Il existe d'autres récepteurs comme les lectines impliquées dans cette adhésion (*Van Den Bossche et al., 2006*). Ces dernières se fixent sur des sucres présents à la surface intermembranaire.

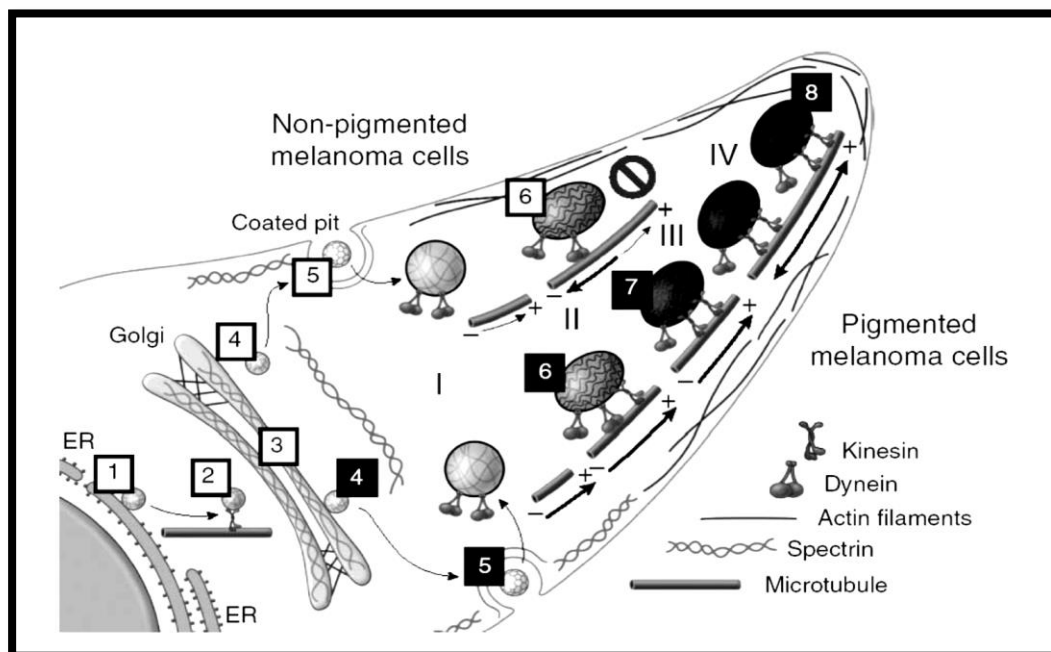


Figure 8. mouvement antérograde des vésicules de sécrétion et transport des mélanosomes dans des cellules non pigmentées (en haut) et pigmentées (en bas). Des vésicules contenant des protéines

mélanosomiques bourgeonnent du RE (1). Ces vésicules sont transportées par le complexe dynéine/dynactine via les microtubules jusqu'au cis-Golgi (2). Dans le Golgi la spéctrine stabilise l'arrivée des différentes vésicules et continue le transport antérograde (3). La présence d'actine sur les deux extrémités des citernes golgiens sert de soutien et interagit probablement avec la spéctrine. Au niveau du réseau trans-golgien (4), les vésicules de sécrétion contenant des mosaïques ressemblant à la spéctrine, sont envoyées vers leur destination finale, conjointement à d'autres systèmes de transport et de bourgeonnement. La membrane plasmique est prise comme exemple dans ce schéma. Une nouvelle vésicule est donc internalisée (5) et dirigée vers le mélanosome au stade I (6). La présence de dynéines dans des mélanosomes aux stades I et II pourrait favoriser leur accumulation périnucléaire dans la cellule. En présence de kinésines il y a transport des mélanosomes tardifs (stades III et IV), tout au long des microtubules, en périphérie de la cellule, pour atteindre l'extrémité des dendrites (6). En stade final, les mélanosomes au stade IV seront pris en charge par les filaments d'actine pour transfert aux kératinocytes avoisinants (7). (*Watabe et al., 2008*).

II.4. La mélanogénèse

II.4.1. Les mélanines

II.4.1.1. Voie de synthèse des mélanines

Les pigments mélaniques sont des polymères de poids moléculaire indéfini mais ils dérivent tous de l'oxydation enzymatique de l'acide aminé tyrosine qui produit généralement deux types de mélanines. Des avancées majeures dans la compréhension de la chimie et de l'enzymologie de la voie de biosynthèse impliquées dans la synthèse de l'eumélanine (pigment marron/noir) et de la pheomélanine (pigment jaune/rouge) ont été réalisées (*Prota, 1992; Nordlund et al., 1998*).

L'enzyme tyrosinase catalyse les deux premières étapes, l'hydroxylation de la tyrosine en 3,4-dihydroxyphenylalanine (DOPA) et l'oxydation de DOPA (intermédiaire non libre) en DOPAquinone. La tyrosinase est ainsi l'enzyme clé de la mélanogénèse. Elle intervient également dans l'oxydation du 5,6dihydroxyindole (DHI) en indole-5,6-quinone. L'isomérisation du DOPochrome (indolene-2-carboxylic acid-5,6-quinone) en 5,6-dihydroxyindole-2-carboxylic acid (DHICA) est catalysée par la DOPochrome tautomérase (DCT codée par le gène *Dct*) et l'oxydation du DHICA est réalisée par l'enzyme DHICA-oxydase (TYRP1 codée par le gène *Tyrp1*). Jusqu'à présent, aucune autre enzyme impliquée dans la voie de synthèse n'a pu être mise en évidence.

Les autres étapes sont donc considérées comme spontanées. Notamment, la transformation de DOPAquinone en 5-S et 2-S-cysteinylDOPA est spontanée en présence de dérivés soufrés comme la cystéine. Les eumélanines dérivent des métabolites du DOPochrome, alors que les

pheomélanines découlent des métabolites des cysteinylDOPA. La structure des polymères eu- et pheomélaniques est incertaine (Riley, 1997, 2003). En dépit de cette incertitude, les pigments mélaniques sont certainement un mélange complexe des deux types de mélanine liés à un substrat protéique (Riley, 2003).

II.4.1.2. Rôle des pigments mélaniques

Le fort degré de conjugaison à l'intérieur du polymère permet le mouvement d'électrons entre les résidus quinone et catechol. Ainsi, le pigment peut agir aisément comme un piège à radicaux libres. Les charges résiduelles des groupes hydroxyles et des fonctions carboxyles permettent à la mélanine d'agir comme une trappe à cation et donc de fixer et d'excréter des cations toxiques comme les métaux lourds ou de servir de voie d'excrétion transcutanée des métaux. La combinaison de fonctions carbonyles et le haut degré de conjugaison de ses constituants fait de la mélanine un puissant absorbeur de radiations grâce à un spectre d'absorption photonique quasi continu allant de l'ultraviolet à l'infrarouge.

II.4.2. Régulation du système pigmentaire

II.4.2.1. Rôle du récepteur mélanocortine de type 1 (MC1R)

Le récepteur à la mélanocortine de type 1 (MC1R) est un récepteur couplé aux protéines G (RCPG) qui est impliqué dans la mélanogénèse et dans l'inflammation cutanée (Chhajlani et Wikberg, 1992; Mountjoy et al., 1992).

Le MC1R (melanocortin-1 receptor) est un récepteur à sept domaines transmembranaires présent dans la membrane du mélanocyte, on le considère généralement comme la tour de contrôle de la mélanogénèse car il est au sommet d'une voie de signalisation aboutissant à l'activation de la tyrosinase et donc à la synthèse de pigments.

Les chercheurs ont localisé et étudié la protéine codée par le gène MC1R. C'est une protéine membranaire située dans la membrane plasmique des mélanocytes. Cette protéine est un récepteur. Il est normalement activé par un peptide hormonal de 13 acides aminés MSH (Melanocyte Stimulating Hormone), sécrété par l'hypophyse mais aussi par les kératinocytes épidermiques. Il peut être aussi inhibé par une protéine à effet antagoniste codée par le gène agouti (figure 9).

Dans le cas de MC1R, il peut recevoir un ligand appelé alpha-MSH, qui va alors favoriser la production d'eumélanine et empêcher la production de pheomélanine (figure 10).

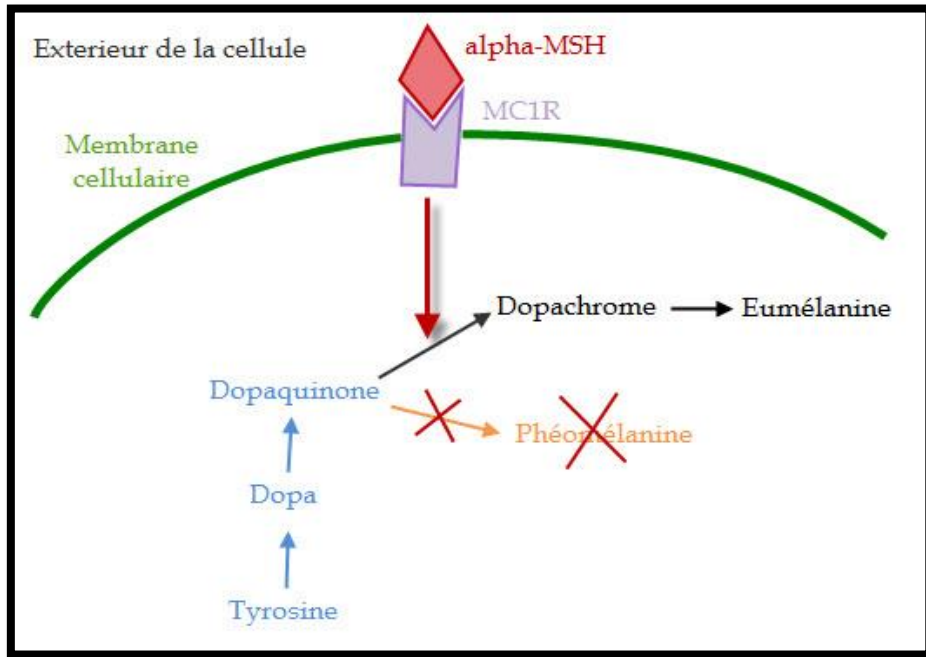


Figure 9. Schéma de récepteur MC1R et la synthèse de mélanine.
TYR = Tyrosinase.

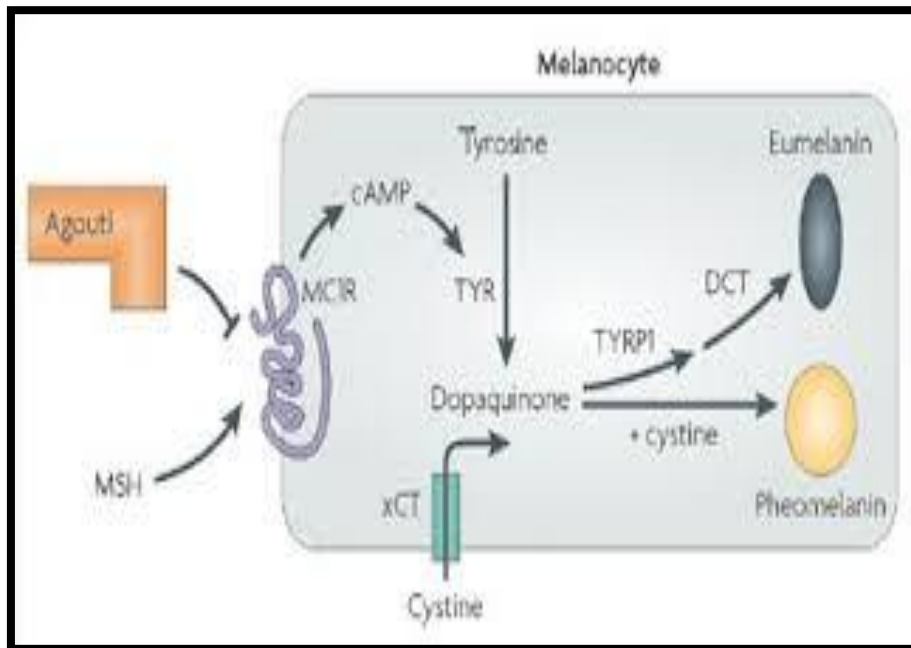


Figure 10. Schéma simplifié de la production d'eumélanine.

En effet, il a été montré que c'est la présence d'une mutation dans le gène codant pour la protéine MC1R qui est responsable du défaut de production d'eumélanine chez les chevaux alezans. Ainsi, quand la protéine MC1R n'est pas muté (E) les mélanocytes ont un récepteur fonctionnel qui peut fixer le ligand alpha-MSH et expriment donc de façon "normale" l'eumélanine (noir). Lorsque le gène codant pour MC1R est muté (e), le récepteur n'est plus fonctionnel et ne peut plus remplir son rôle. L'eumélanine n'est plus synthétisé, favorisant alors la production de phéomélanine.

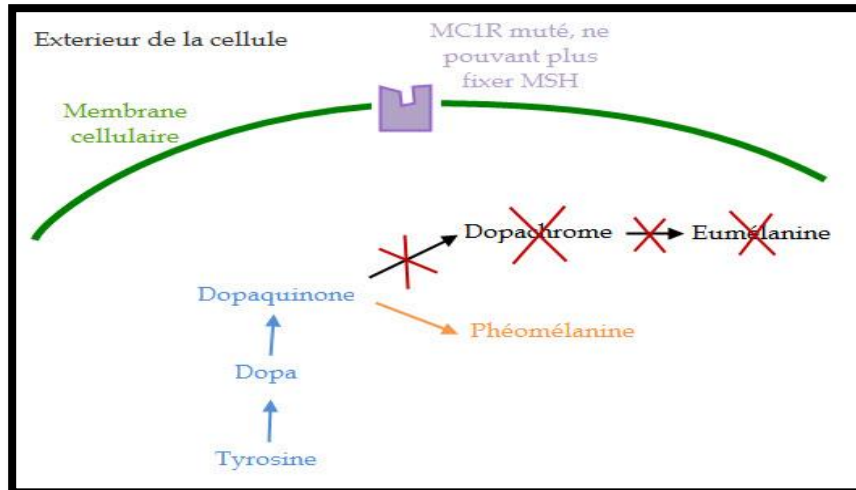


Figure 11. Schéma simplifié de la production de la phéomélanine.

Il peut également fixer un autre ligand, ASIP (Agouti Signalling Peptide), non seulement la fixation de ASIP empêche MC1R de s'activer (et donc d'activer la production d'eumélanine), mais en plus, ASIP empêche alpha-MSH de se fixer à MC1R (figure 12).

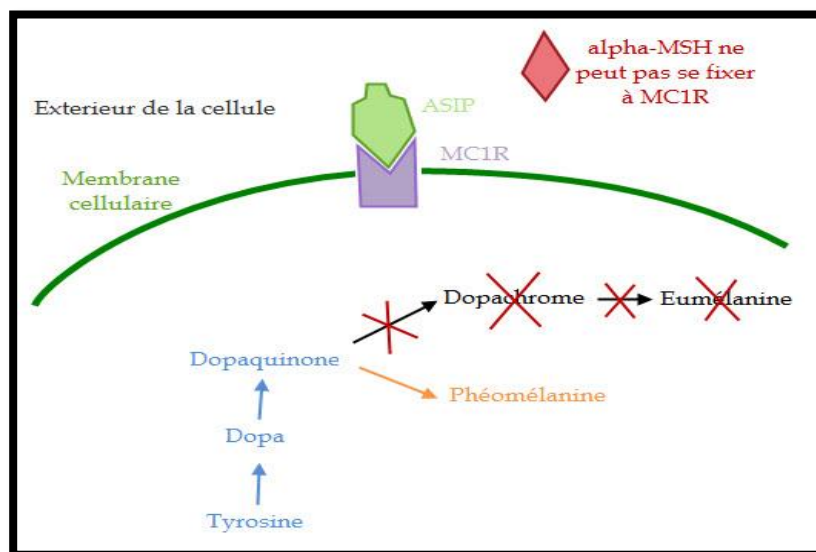


Figure 12. Schéma simplifié de l'action de ASIP.

II.4.2.2. Switch eumélanine/pheomélanine

Cas le plus connu de régulation est le switch qui consiste à passer d'une phase de synthèse préférentielle d'eumélanine à une phase de synthèse à dominante pheomélanique.

La tyrosinase, les thiols sont essentiels dans la capture du Dopaquinone fabriqué enzymatiquement par la tyrosinase pour produire les cysteinyldopas nécessaires à la pheomélanogénèse (*Ito, 1993*). Dans des cellules en culture, une carence en cystéine accroît l'activité tyrosinase et la formation d'eumélanine (*del Marmol et al., 1996; Benathan, 1997*) alors que la supplémentation en cystéine produit l'effet inverse, augmentation de l'activité tyrosinase et formation de pheomélanine (*Smit et al., 1997*).

III.1. la robe bovine

La couleur de la robe a pendant longtemps fasciné les éleveurs et les généticiens. Les premières expériences de génétique, réalisées durant la 1ère moitié du 20ème siècle, en disent long sur son hérédité. Mais, ce n'est que récemment, que certains gènes responsables ont été découverts, alors que de nombreux autres restent encore inconnus.

Certaines couleurs de la robe ont un intérêt économique car elles sont contrôlées par des gènes qui ont également d'autres effets bénéfiques ou néfastes. D'autres sont plus appréciées dans certaines régions du monde et se vendent très cher même si aucun intérêt ne leur est attribué. De nos jours, la couleur de la robe est une marque de fabrique et fait partie intégrante de l'identité et du standard de plusieurs races.

Les robes se distinguent par leur couleur (noire, rouge, brune...), leur texture (simple ou uniforme, tachetée...)... La couleur des robes est contrôlée par plusieurs gènes qui interagissent avec d'autres pour inhiber la couleur de base ou pour modifier la couleur simple de la robe et donner lieu à des taches, à une face (tête) blanche...

III.2. Déterminisme de la couleur de la robe chez les bovins

La source de toutes les couleurs chez les bovins, ainsi que chez les autres mammifères, est la présence ou l'absence de la mélanine dans les poils. Il existe deux types de mélanine : l'eumélanine (responsable de la couleur noire ou marron) et la phaéomélanine (responsable de la couleur rouge, jaune ou rousse). Ainsi, les différentes couleurs qui sont observées chez les bovins ne sont que le résultat de la modification de ces deux pigments.

Chez les bovins, la couleur de la robe est contrôlée par au moins 6 gènes autosomes (portés par les chromosomes non sexuels), chacun avec plusieurs allèles, qui influencent la production et la répartition du pigment.

III.3. Les différents types de la robe bovine

III.3.1. Les robes simples

A la base, on a une robe simple qui n'est la conséquence que d'un seul pigment (même si les extrémités peuvent quand même être pigmentées différemment). La robe peut être "laissée" comme telle dans le cas d'une robe simple, mais pourra subir des modifications telles que des charbonnures, bringeures, grisonnements, bigarrures ou encore panachures.

✚ Noir:

cette robe est due à l'eumélanine noire, ce que fait l'animal est entièrement noir (pas de décoloration autour du mufle ni présence d'une bande de décoloration sur le dos, donc à ne pas confondre avec fauve extrêmement charbonné). Il s'agit par exemple des vaches Camarguaises (figure 13).



Figure 13. Photo de la vache Camarguaises avec pelage noir.

✚ Marron:

cette robe est due à l'eumélanine marron. Elle est extrêmement rare chez les bovins en général, mais se rencontre parfois chez les zébus africains. La dilution du marron est appelée beige chez les bovins. Elle est encore plus rare.

✚ Fauve:

cette robe est due à la phéomélanine. Selon la dilution du pigment, la couleur de la robe varie entre un rouge acajou à un jaune soutenu. C'est pourquoi dans la qualification d'une robe, il vaut mieux ajouter un adjectif pour mieux définir la nuance : fauve rouge, fauve roux, fauve froment (figure 14). Enfin, lorsque le fauve est vraiment dilué, on parlera de la robe sable (figure 15).



Figure 14. Photo de la génisse limousine avec pelage fauve.



Figure 15. Photo de vaches blondes d'aquitaine avec pelage sable.

Blanc:

Lorsqu'il n'y a pas de pigment, le poil est blanc, et donc la robe est blanche.

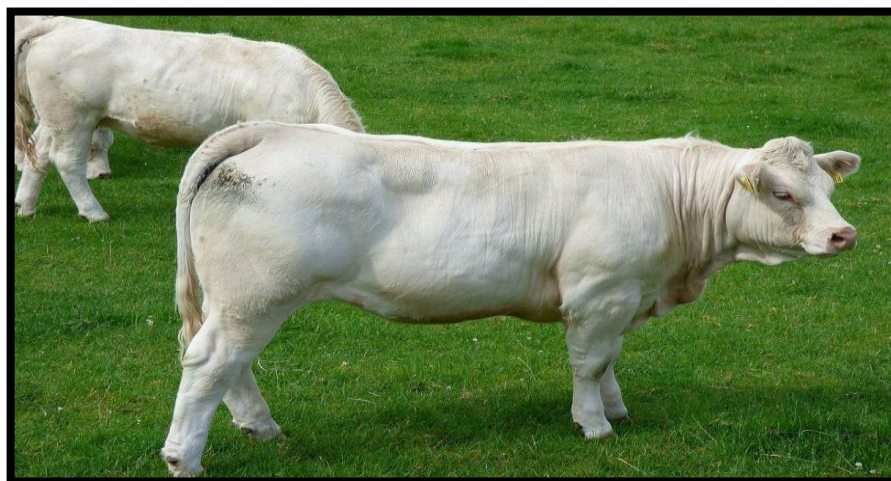


Figure 16. Photo de vaches charolaises avec pelage blanc.

III.3.2. Les robes composées

III.3.2.1. Les charbonnures

Les charbonnures sont des plaques où les poils de la robe de base sont mélangés à des poils noirs plus ou moins concentrés. Ces plaques sont elles-mêmes plus ou moins étendues sur l'animal. Dans la gamme de variations, elles apparaissent d'abord au niveau des extrémités (tête, devant des membres), puis elles envahissent vers le centre du corps. Au degré maximal d'envahissement des charbonnures, les poils fauves/sables ne sont plus visibles qu'autour du mufle et sur la ligne du dos. Il faut donc qualifier l'étendue de la charbonnure : (très) légèrement, moyennement, (très) fortement charbonné (Figures 17).

Les extrémités d'une robe charbonnée sont souvent noires, mais il peut arriver qu'elles soient claires.

Très rarement, les charbonnures sont issues de poils marrons et non noirs. C'est notamment le cas de la race Brune. Chez elle, en plus, il y a eu une dilution du marron. La Brune possède donc en réalité une robe "fauve très fortement charbonnée de beige".



Figure 17. Photo de vaches jersiaise avec pelage Légèrement charbonné.

III.3.2.2. Les bringeures

Dans ce cas, la présence des poils noirs parmi la robe de base se fait sous la forme de striations verticales en bandes ou rayures. Là aussi, l'étendue des bringeures (figure 18).



Figure 18. Photo de vaches Normande avec pelage moyennement bringé.

III.3.3. Les robes modifiées

les robes modifiées sont dérivées par les charbonnées ou bringées, qui subissent une modification telle que le grisonnement, la bigarrure ou la panachure.

III.3.3.1. Le grisonnement

Il s'agit en fait d'un mélange de poils de la robe de base avec des poils blancs. Lorsque c'est un mélange à base de poils noirs, on appelle la robe gris. Lorsque c'est un mélange à base de poils fauves, on dit rouan (figure 16).



Figure 19. Photo de vaches de La petite grise des Alpes avec pelage gris.

III.3.3.2. Les bigarrures

La bigarrure correspond à un éclaircissement du fond de la robe, mais avec le maintien de taches de la couleur originelle. Cet effet est rare chez les bovins (figure 20).



Figure 20. Photo de vaches de Normandie avec pelage bigarré.

III.3.3.3. Les panachures

La panachure correspond à la présence de taches blanches sur la robe de base. L'étendue des taches peut être très développée, ou au contraire plutôt limitée (figure 21) .

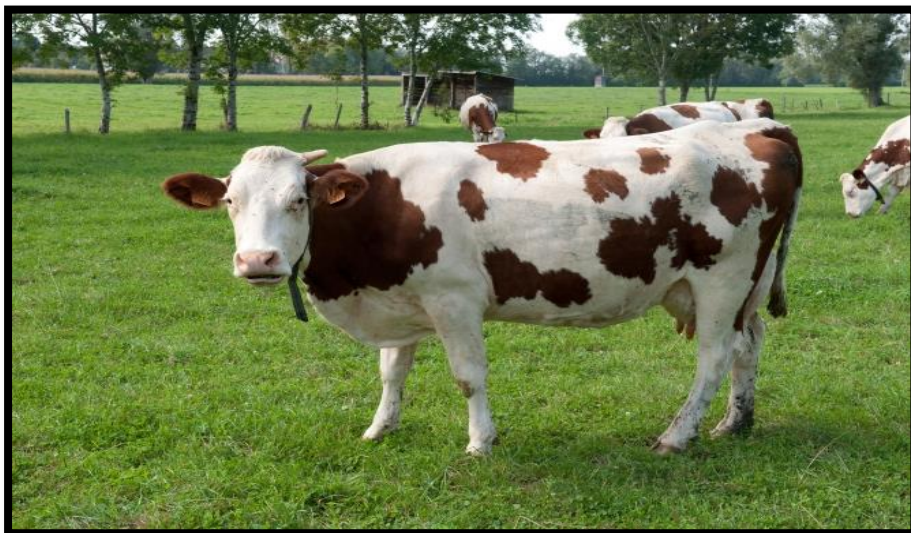


Figure 21. Photo de la vaches Montbéliardes avec pelage de panachure irrégulière avec tête.

IV.1. La coloration de la robe chez le bovin

La variation de la couleur de la robe des animaux, a toujours été d'un grand intérêt pour l'homme, comme en témoigne la présence de peintures de bovidés représentés avec des taches blanches dans la grotte Lascaux 17000 ans A.J.C. (*Olson et al., 1999*). Dans les années 1800, quand certaines races anglaises se sont développées, les éleveurs ont essayé de créer des races possédant des profils de couleur et de tache uniformes, attestant de leur identité raciale.

En l'absence des données scientifiques, ce type de caractérisation des races bovines est basé sur l'association de la couleur avec la production et l'adaptation environnementale (*Russo et al., 2004*). Le patron standard d'une coloration de robe non tachetée est tout simplement une pigmentation solide ou une absence de taches.

La pigmentation chez les mammifères est définie par la synthèse et la distribution de deux pigments : l'eumélanine (brun/noir) et la phéomélanine (rouge/jaune), synthétisés dans des mélanosomes, organites spécialisés des mélanocytes. Plus d'une centaine de loci sont impliqués dans l'établissement de la couleur du pelage chez la souris (*Bennett et Lamoreux, 2003*) et toute mutation qui affecte n'importe lequel de ces loci est susceptible d'altérer son phénotype standard appelé agouti.

La plupart des gènes de coloration assurent également d'autres fonctions biologiques. A cet égard, on peut les classer en gènes impliqués uniquement dans la coloration (exemple, gène codant la tyrosinase) et ceux impliqués en plus dans d'autres fonctions comme le gène dilute (*Bennett et Lamoreux, 2003*).

Le premier gène que nous avons étudié chez le bovin est le locus extension appelé également MC1R. Il code un récepteur à sept domaines transmembranaires (MC1R) ancré dans la membrane du mélanocyte. Il fait partie d'une famille composée de cinq membres (MC1 à MC5). L'interaction de l'hormone α -MSH avec MC1R conduit les mélanosomes matures à synthétiser la mélanine noire suite à l'augmentation des activités des enzymes impliquées directement dans la synthèse des pigments, la tyrosinase, TRP1 et TRP2. A l'inverse, l'interaction de ce même récepteur avec la protéine agouti conduit à une réduction de l'activité de ces enzymes dans le mélanosome et on observe une synthèse préférentielle de pigments rouge/jaune.

Partie théorique Chapitre IV: La génétique de coloration de la robe

IV.2. Les patrons de coloration

Le patron désigne les motifs présents sur la robe des bovins. Il s'allie à la couleur pour définir la robe des bovins. La robe de la vache peut ainsi être uni, tacheté, bicolore, tricolore et. Chez le bovin, il existe une grande diversité de la couleur de la robe (figure 22).



Figure 22. Quelques phénotypes de la coloration de la robe chez le bovin.

IV.3. La pigmentation chez les bovins

La source de toutes les couleurs chez les bovins, ainsi que chez les autres mammifères, est la présence ou l'absence de la mélanine. Il existe deux types de mélanine : l'eumélanine (responsable de la couleur noire ou marron) et la phaéomélanine (responsable de la couleur rouge, jaune ou rousse). Ainsi, les différentes couleurs qui sont observées chez les bovins ne sont que le résultat de la modification de ces deux pigments.

Chez les bovins, la couleur de la robe est contrôlée par au moins 6 gènes autosomes (portés par les chromosomes non sexuels), chacun avec plusieurs allèles, qui influencent la production et la répartition du pigment (Tableau 1)

Tableau 1. Loci affectant la couleur de la robe chez les bovins.

Locus	Symbole	Allèles	Action
Agouti	A	$A^y, A^w, A^t, A, a^t, a, a^e$	Contrôle la répartition des pigments noir et rouge dans les poils
Brown	B	B^{lt}, B, b, b^l	Change le noir au marron
Albino	C	$C, c^{ch}, c^h, c^s, c^a, c$	Réduit l'intensité de la pigmentation, du rouge, puis noir jusqu'au albinos
Dilute	D	D, d, d^l	Dilue les couleurs noire et rouge
Extension	E	E^D, E, e^{br}, e	Etend les pigments noir et rouge dans le corps
Pink-eyed	P	P, p, p^s	Dilue les couleurs foncées beaucoup plus que les couleurs claires

IV.3.1. Le locus Extension (E)

Le locus Extension est le facteur majeur des variations de coloration. Localisé sur le chromosome 18, il code le récepteur Mc1r (*Klungland et al., 1995 ; Robbins, 1993*). Trois allèles ont été définis pour ce locus : E^D , E^+ et e (E^D engendre un phénotype noir à transmission dominante, E^+ est l'allèle sauvage responsable de la pigmentation rouge ou rouge-brun et noire, et e est l'allèle rouge récessif).

Ces allèles présentent un ordre de dominance complète $E^D > E^+ > e$. En effet, les animaux e/e sont rouges, les individus E^D/E^+ sont typiquement noirs, les individus E^+/e tendent vers le rouge et les individus E^+/E^+ peuvent être de couleur variable entre le rouge et le noir du fait que E^+ code pour un récepteur fonctionnel, ce qui autorise la transduction du signal. L'allèle E^D correspond à une substitution, d'une Thymine par une Cytosine en

Partie théorique Chapitre IV: La génétique de coloration de la robe

position 296 de la partie codante du gène *Mc1r*, ce qui produit un changement d'un acide aminé leucine en proline (*Klungland et al., 1995*).

Cette mutation ponctuelle rend ce récepteur, à sept domaines transmembranaires, constitutivement actif et produit le phénotype noir observé chez la race *Prim'Holstein* par exemple. L'allèle *e* se caractérise par la délétion d'une Guanine en position 310 de la partie codante et produit une protéine tronquée, inactive par décalage du cadre de lecture (*Joerg et al., 1996 ; Klungland et al., 1995*). Cette forme de récepteur, ne peut pas être stimulée par l' α -MSH, il n'y a donc pas augmentation de la concentration intracellulaire d'AMPc et de fait pas de stimulation de la production d'eumélanine. Cet allèle est retrouvé, entre autres, chez la race *Limousine*, *Blonde d'aquitaine* et *Charolaise*.

L'intensité du rouge varie entre ces races du fait de l'implication d'autres facteurs. Un quatrième allèle E^1 a été identifié chez la race Gasconne et Aubrac (*Rouzaud et al., 2000*) et correspond à une insertion de 12 pb en position 669 de la partie codante. Il induit une duplication de quatre acides aminés dans la troisième boucle cytoplasmique du récepteur, connue pour interagir avec les protéines

G dont la conséquence phénotypique est inconnue. Des études fonctionnelles réalisées pour étudier l'expression des allèles E^+ et E^1 dans des cellules embryonnaires de reins humains (HEK293), ont montré un niveau d'AMPc plus élevé dans le cas de E^1 que de E^+ (*Graphodatskaya et al., 2002*).

Cette variation du niveau AMPc indépendante du niveau transcriptionnel des deux allèles, découle sans doute de la nature moléculaire du récepteur E^1 . Par conséquent, l'expérience a montré la fonctionnalité des deux types de récepteurs avec une suractivité de l'un (E^1) par rapport à l'autre (E^+). Bien que le niveau d'AMPc dans un cas soit plus élevé que dans l'autre, ceci n'a pas une grande incidence sur le rapport de taux de pigments phéomélanine/eumélanine entre deux groupes d'animaux portant chacun l'un des deux allèles.

IV.3.2. Le locus Agouti (A)

Plusieurs auteurs ont tenté de repérer chez le bovin des mutations au locus Agouti comme décrites chez d'autres espèces (*Adalsteinsson et al. 1995 ; Lauvergne, 1966 ; Olson et al., 1982 ; Searle, 1968*). En effet, des mutations décrites dans le locus Agouti induisent une modification de l'expression du profil de coloration sauvage (E^+). Il a été suggéré que l'allèle (*ai*) pouvait être responsable du ventre clair des races *Limousine* et *Jersey*. De plus, les

Partie théorique Chapitre IV: La génétique de coloration de la robe

modifications du profil sauvage observées dans le cas des races, *brune des Alpes*, *Brahman* et *Chianina* sont dues à un deuxième allèle (a^w).

De même en 1995, l'équipe d'Adalsteinsson a présenté des données appuyant l'existence d'un allèle noir récessif (a) au même locus (A). Les animaux sauvages présentant l'allèle (a) à l'état homozygote acquièrent une couleur noire unie. L'allèle sauvage (A^+) permet l'expression combinée de pigments rouges et noirs du pelage sauvage. L'allèle (a) sous forme homozygote, n'a aucun effet sur la couleur en présence des génotypes e/e ou $E^D/-$ pour le locus (E). De plus l'allèle (A^{pb}), est décrit comme étant responsable de la modification de la couleur et de l'extension du pigment noir chez les animaux sauvages, les rendant presque noirs (*Majeskie, 1970*).

L'effet de cet allèle ne semble pas être affecté par le sexe de l'animal. Cet allèle est probablement responsable du profil noir observé parfois chez des croisés de *Jersey*, *brune des Alpes* et *Brahman* avec des races rouges (*Olson, 1999*).

Le seul allèle dont la nature moléculaire est connue est A^{br} . Ce dernier a été identifié, chez la race Normande. Il correspond à l'insertion d'une séquence LINE dans la région située entre le promoteur spécifique de la peau et l'exon 1 du gène *Agouti*. Cet allèle est associé à la Bringeure (Brindle) de la race Normande (*Girardot et al., 2006*).

Le phénotype de bringeure correspond à la présence de bandes noires verticales irrégulières sur tout le corps de l'animal ou parfois confinées à la tête, le cou et le postérieur. La couleur du « fond » (entre les bandes) varie du rouge clair au brun foncé ou même blanc en fonction d'allèles présents sur d'autres loci. Ces bandes de bringeure sont observées chez les races Texas Longhorn, et la Normande mais aussi dans les programmes de croisement entre races, plus particulièrement ceux comprenant les races Zébu.

L'expression phénotypique de l'allèle (A^{br}) responsable de la bringeure, requiert un allèle sauvage du gène *Mc1r* (E^+/E^+ ou E^+/e). *Agouti* apparaît hypostatique par rapport au gène *Extension* (*Mc1r*). Par conséquent les animaux e/e dépourvus de pigment noir, n'expriment pas les bandes noires du patron de la bringeure. De plus, l'allèle (A^{br}) est incapable de modifier la couleur noire du pelage due à l'allèle E^D . Enfin, pour expliquer les variations du niveau de bringeure entre les animaux, Olson émet l'hypothèse suivante : les régions de bringeure sont limitées aux régions qui auraient été marrons foncées ou noires si

Partie théorique Chapitre IV: La génétique de coloration de la robe

l'animal n'avait pas l'allèle (A^{br}) (*Olson, 1999*). Ces régions correspondent à une forte influence de l' α -MSH et de l'allèle (E^+).

IV.3.3. Le locus Albinos (C)

Chez les mammifères, les mutations au locus albinos (C) sont très répandues. Leur principale caractéristique est de faire disparaître plus ou moins complètement, selon l'allèle, les pigments mélaniques de la peau, du poil et des yeux.

L'albinisme a été décrit à plusieurs reprises chez le bovin. Les deux races où il a été décrit le plus en détail, sont les races Frisonne Pie Noire (*Prim'Holstein*) et Brune des Alpes (*Weber et al., 1964*). Chez la race Frisonne Pie Noire, l'albinisme s'est manifesté aux Etats unis et au Japon sous forme incomplète : avec l'âge une coloration se développe au niveau de l'iris puis devient grisâtre, et au niveau des taches normalement noires de la robe on observe un dessin particulier appelé « ghost pattern » (patron spectre); le déterminisme paraît être de type autosomal récessif et l'origine de la mutation semble unique (*Cole et al., 1934 ; Petersen et al., 1944*).

Dans d'autres cas d'albinismes décrits on observe la même couleur des yeux que celle décrite précédemment sans le patron spectre (*Weber et al., 1964*). Chez la race Brune des Alpes, l'albinisme correspond à une absence totale de pigment dans la peau, les muqueuses, le poil et les yeux. Les veaux albinos, manifestent une photophobie mais ont un développement normal. Aucune pigmentation n'apparaît avec l'âge, contrairement à ce qui se passe chez les veaux frisons. Des croisements ont révélé que le caractère « albinos » de ces animaux était monofactoriel autosomal récessif (*Weber et al., 1964*). De nos jours, ces animaux ne sont pas conservés en raison de leur sensibilité à la lumière.

IV.3.4. Le locus Dun

Ce locus « Dun » est responsable entre autres des couleurs de pelage des races, Brune des Alpes, Brahman, Chianina. Les couleurs de pelage de ces races sont liées à un éclaircissement de la pigmentation de base. En général, la pigmentation tend à être supprimée totalement sur le flanc de l'animal. De plus, la pigmentation rouge semble être plus touchée que la noire.

En effet, les races Brune des Alpes, Brahman et Chianina, présentent une absence totale du pigment rouge. L'allèle mutant (dn) du gène hypothétique « dun » agit de la même

Partie théorique Chapitre IV: La génétique de coloration de la robe

manière que le mutant 'Chinchilla', *cch*, connu chez d'autres espèces (*Berge, 1961*). Il présente un caractère récessif incomplet par rapport à l'allèle normal (*Dn+*). En effet, à l'état hétérozygote, un effet de (*dn*) sur la pigmentation rouge est décrit, mais son effet sur la pigmentation noire est réduit.

IV.3.5. Le locus Dilute

Deux loci avaient été proposés pour rendre compte de la dilution du pelage observée chez les races Charolaise et Simmental. La Charolaise est porteuse de la mutation Dilute (*Dc*), qui éclaircit le pelage et la rend blanc/crème, à l'état homozygote. La race Simmental porteuse de la mutation présente aussi une dilution de sa coloration. Ces deux phénotypes avaient tendance à être distingués. Chez le bovin, Il a été démontré par des approches histologiques (*Renieri et al. 1993*) que la race charolaise porteuse de la mutation *Dc* est affectée dans la biogenèse du mélanosome. Plus précisément, les mélanosomes de la race Charolaise sont bloqués au stade pré-mélanosome (stade I).

IV.3.6 .Les mutations White-spotting

Le phénotype sauvage de white-spotting correspond à une absence de taches blanches, ce qui implique que n'importe quelle tache blanche (white-spotting) présente chez le bovin est due à un allèle mutant ou à une combinaison de plusieurs allèles mutants (*Olson, 1980*) (tableau 2).

Partie théorique Chapitre IV: La génétique de coloration de la robe

Tableau 2. Loci génétiques décrits chez le bovin, (Olson, 1999).

Locus	Nom	Allèles	Description	Rapport de dominance	exemples
<i>E</i>	<i>Extension</i>	<i>E^D</i>	Noir Uniforme	Dominant	Prim'Holstein
		<i>E⁻</i>	Brun/Noir avec des extrémités plus sombres	-	Jersey
		<i>e</i>	Rouge	Récessif par rapport à <i>E^D</i> et <i>E⁺</i>	Limousine
<i>Br</i>	<i>Brindle</i>	<i>Br</i>	Bandes irrégulières noires sur fond brun/rouge	Dominant sur l'absence de bringeure	Normande
<i>A</i>	<i>Agouti</i>	<i>A^{bp}</i>	Modificateur du type sauvage, entièrement noir, n'est pas influencé par le sexe	Dominant en présence de <i>E⁺</i> , hypostatique par rapport à <i>E^D</i>	Prim'Holstein
		<i>a^w</i>	White-bellied : perte du rouge et distribution plus uniforme du noir	Récessif	Brown Swiss
		<i>a^l</i>	Fawn (fauve) perte de pigmentation rouge sur la colonne vertébrale	Récessif	Chianina
<i>Dc</i>	<i>Dilution Charolais</i>	<i>Dc</i>	Dilution du noir en gris clair, dilution du rouge en jaune clair (crème) à l'état hétérozygote	Dominant	Charolaise
<i>Ds</i>	<i>Dilution Simmental</i>	<i>Ds</i>	Dilution modérée du noir et du rouge	Dominance incomplète	Simmental
<i>Dn</i>	<i>Dun</i>	<i>Dn</i>	Disparition de la pigmentation rouge	Dominance incomplète	Highland
<i>S</i>	<i>Spotting</i>	<i>S^H</i>	Hereford pattern/face, queue, pieds blancs	Dominance incomplète	Hereford
		<i>S^p</i>	Pinzgauer pattern / cotés pigmentées, zones blanches sur le dos et le ventre	Dominance incomplète	Pinzgauer
		<i>s</i>	Piebald : zones irrégulières pigmentées et blanches	Récessif	Prim'Holstein
<i>R</i>	<i>Roan</i>	<i>R</i>	Combinaison de poils blancs et pigmentés	Dominance incomplète	Shorthorn
<i>Bt</i>	<i>Belting</i>	<i>Bt</i>	Belt : ceinture blanche	Dominant	Galloway
<i>Bl</i>	<i>Blaze</i>	<i>Bl</i>	Blaze : tête blanche	Dominance incomplète	Simmentale
<i>Bc</i>	<i>Brockling</i>	<i>Bc</i>	Zones pigmentées dans les parties blanches des mutants white-spotted	Dominant	Shorthorn

V.1. Monographie de la Wilaya de Mostaganem

La Wilaya de Mostaganem est une wilaya d'Algérie en Afrique du Nord., elle s'étend sur 50 km² et compte 145 696 habitants (recensement de 2008) pour une densité de 2 913,92 habitants par km².

Mostaganem est une ville située à 104 mètres d'altitude sur le bord d'un plateau côtier. Elle contemple à l'ouest la large baie d'Arzew que termine le djebel Orouse. sa superficie est de 269 Km². elle est connue par Climat semi-aride sec et chaud.

Le Littoral s'étend sur une longueur de 124,5 Km et traverse dix (10) communes(Fornaka, Stidia, Mazagran, Mostaganem, Ben Abdelmalek Ramdane, Hadjadj ; Sidi Lakhdar, Khadra, Achaacha et O/Boughalem).

la ville est assise sur les rives de l'Ain Sefra dont, à plusieurs reprises et notamment en 1927, elle a eu à redouter les crues. Elle se compose d'une ville neuve, très étendue, et d'une vieille ville, plus compacte, accrochées de part et d'autre d'un profond ravin creusé par Ain sefra , qui arrose des jardins. La localité est située au débouché des plaines du Chéelif et de la Macta. Aussi Ain Tedles et Sidi Ali sont les plus grandes villes de la Wilaya de Mostaganem parmi les 32 villes qui la compose.



Figure 23 : découpage de la wilaya de Mostaganem.

V.2. Situation géographique de la Wilaya

Mostaganem est la 27^{ème} wilaya dans l'administration territoriale Algérienne. Elle est située sur le littoral Ouest du pays et dispose d'une façade maritime de 124km. Elle est limitée par:

- La mer méditerranée au Nord;

- La wilaya de Relizane au sud-est;
- La wilaya de Mascara au Sud-ouest;
- La wilaya d'Oran à l'Ouest;
- la wilaya de Chlef à l'Est Le Chef-lieu de la wilaya est située à 365 km à l'Ouest de la capitale, Alger.

La wilaya de Mostaganem compte plus de 800 000habitants (statistiques de 2008), elle se compose de 32 communes réparties sur 10 Daïras (sous-préfectures). Elle occupe une position géostratégique qui permet de jouer un rôle prépondérant dans le développement de la région.

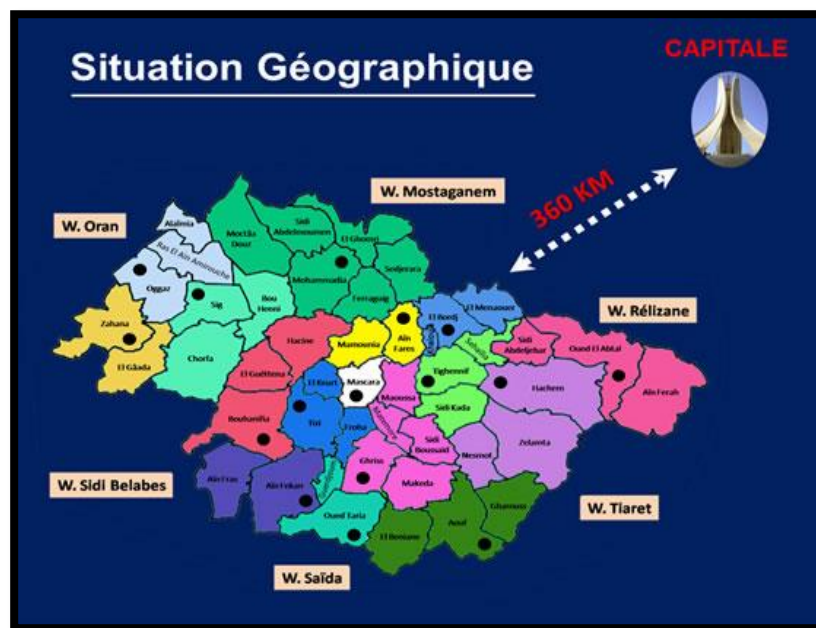


Figure 24: situation géographique de la wilaya de Mostaganem.

V.3. Climat

La wilaya de Mostaganem se caractérise par un climat semi-aride ; un hiver tempéré et une pluviométrie qui varie entre 350mm sur le plateau et 400mm sur les piémonts du Dahra. Elle bénéficie d'un climat de steppe. Il y a peu de précipitations, quelque soit la période de l'année. Sur l'année, la température moyenne est de 17.9 °C et la précipitation moyenne est de 347 mm.

V.4. Relief

Le relief de la Wilaya de Mostaganem s'individualise en 04 unités morphologiques appartenant à deux régions distinctes, le Plateau de Mostaganem et le Dahra.

- les vallées basses de l'Ouest englobent les communes : Hassi Mameche, Mazagran, Stidia, Aïn Nouïssy, El Hassiane et Fornaka.

- les Monts du Dahra englobent les communes : Sidi Belattar, Oued El Kheir, Sidi Ali, Ouled Maallah, Tazgait, Nekmaria, Kheireddine, Ain Boudinar et Safsaf.
- le plateau de Mostaganem englobe les communes : Mostaganem, Ain Tedles, Sour, Bouguirat, Sirat, Souaflia, Mesra, Ain Sidi Cherif, Mansourah, Touahria et Sayada.
- les vallées de l'Est englobent les communes: Achaacha, Khadra, Ouled Boughalem, Sidi Lakhdar, Hadjadj et Abdelmalek Ramdane.

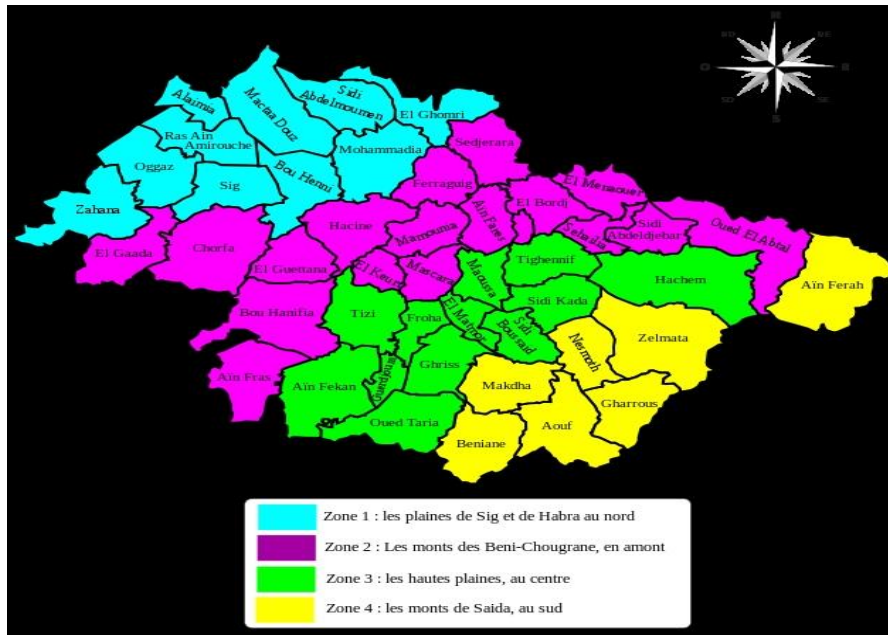


Figure 25 : le relief de la Wilaya de Mostaganem.

Les forêts dans la wilaya de Mostaganem couvrent 14,2 % de la superficie de la wilaya (30767 hectares). Elle sont surtout constituées d'espèces végétales méditerranéennes avec la prédominance du pin d'Alep.

V.5. L'agriculture dans la wilaya de Mostaganem

La wilaya de Mostaganem est l'une des plus agricoles du pays (La superficie agricole est de 177310 hectares soit 78 % de la superficie totale de la wilaya), elle bénéficie d'un climat favorable à l'agriculture, elle a développé une agriculture diversifiée notamment la production de primeurs et de maraîchages, céréales, fourrage, légumes secs. Ainsi que la production animale, dans le cadre de l'élevage du bovins laitier (5612 têtes) élevage ovins et avicultures.

La wilaya dispose aussi d'importantes potentialités de la pêche et l'aquaculture, qui font partie intégrante dans sa feuille de route.

V.6. Lieu de stage

Notre étude a été réalisée dans la ferme de Mr *SI DJEDI*, qui se trouve à 27km à la Wilaya de *MOSTAGANEM* dans la commune de *BOUGUIRAT*, exactement dans exploitation agricole collective (EAC). La ferme couverte une superficie de 50 hectares, Cultures fourragère irriguée 20 ha , Cultures maraîchère 15 ha.

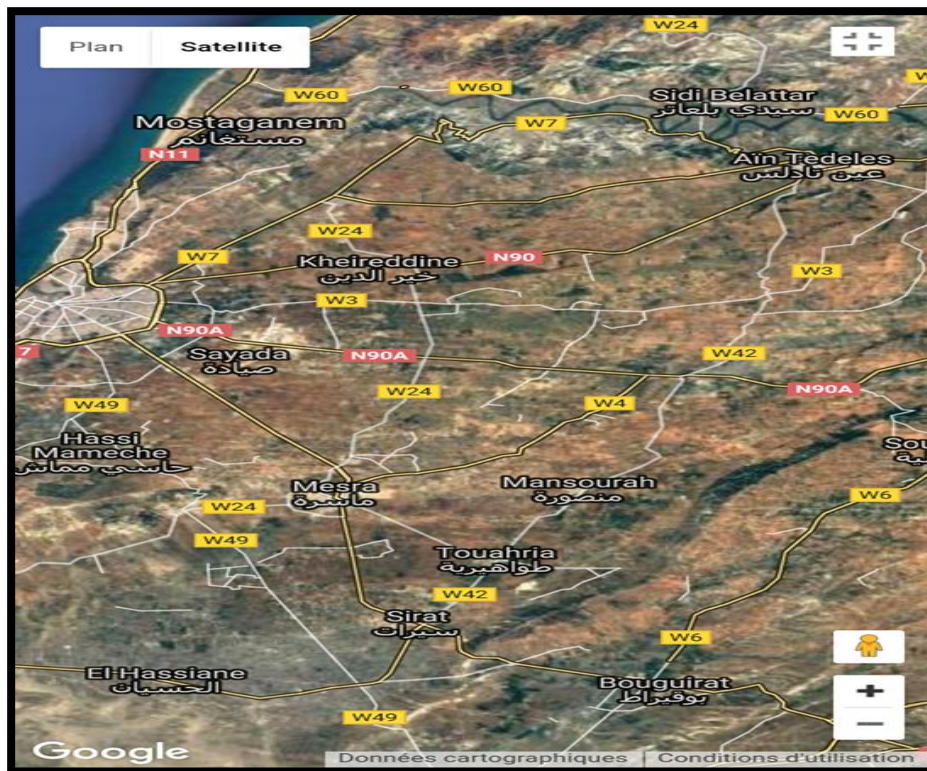


Figure 26 . Situation géographique de la ferme par satellite.

V.2. Objectif

L'objectif de l'étude repose sur la caractérisation de la couleur de la robe chez les bovins par le principe de l'examen du profil des animaux adultes et leur descendance. Avec un profilage phénotypique (il a été réalisé à l'œil une et par la photographie).

V.3. Matériel expérimental

V.3.1. Matériel animal

L'étude est portée sur un effectif total de 100 têtes bovines dont les 2 races :

✚ 70 *Holstein* (race allemand).



Figure 27 .Vache de race *Holstein* avec sont veau.

✚ 30 Montbéliarde (race française).



Figure 28. Vache de race *Montbéliarde* .

V.3.2. La conduite des troupeaux

V.3.2.1. Rationnement

La ration administrées se fait selon le poids et la production de chaque animal, par exemple la moyenne atteint 10 kg d'aliment/jour.

V.3.2.2. La reproduction

le choix de producteurs se base sur leur format et le poids, dans notre étude la production est assurée par 3 males de la race *Montbéliarde*.

V.3.2.3. La prophylaxie

le mode de conduite est intensif donc la prophylaxie est parfaitement maîtrisée, l'ensemble des traitements destinés pour la lutte contre la plus part des maladies connues qui sont des origines bactériennes, virales et parasitaires.

V.4. Matériel utilisé

V.4.1. Collecte des informations

La première étape du travail consiste à rassembler le maximum des informations nécessaires pour accomplir notre travail.

Le matériel utilisé pour la récolte des données est composé de :

- Consultation des carnets de naissance et de mortalité.
- Un planning d'étable.
- Utilisation d'un appareil numérique pour numériser les photos.

V.4.2. Démarches méthodologique

La génétique des populations s'intéresse à l'évolution des fréquences alléliques et génotypiques. Il est donc important dans un premier temps de savoir calculer ces fréquences.

- Fréquence génotypique = $\frac{\text{nombre d'individus porteur du génotype étudié}}{\text{nombre total d'individus de la population}}$

- Fréquence allélique = $\frac{\text{nombre d'allèles du type considéré}}{\text{nombre total d'allèles}}$

- Fréquence allélique = $\frac{\text{nombre d'allèles du type considéré}}{2 \text{ allèles par individus} \times \text{DIPLOOIDE} \times \text{nombre}}$

Cependant, lorsque l'on effectue un échantillonnage d'individus dans une population, ce sont leurs phénotypes (et non leurs génotypes), qui sont observés.

Le génotype détermine les caractères d'un individu, constituant le phénotype, et se transmet des parents à leurs descendants.

Le phénotype est l'ensemble des caractères observables d'un individu, à toutes les échelles : macroscopique (la couleur des yeux), cellulaire (la concentration sanguine en hématies) et moléculaire (l'activité d'une enzyme).

L'expression du génotype produit (en partie) le phénotype. Autrement dit, la composition allélique de chaque individu pour chaque gène va produire un phénotype particulier à chaque fois. Par exemple, la couleur de la peau peut varier suivant la composition allélique des individus pour les gènes impliqués dans la voie de biosynthèse de la mélanine (échelle moléculaire), le pigment qui colore la peau (échelle macroscopique).

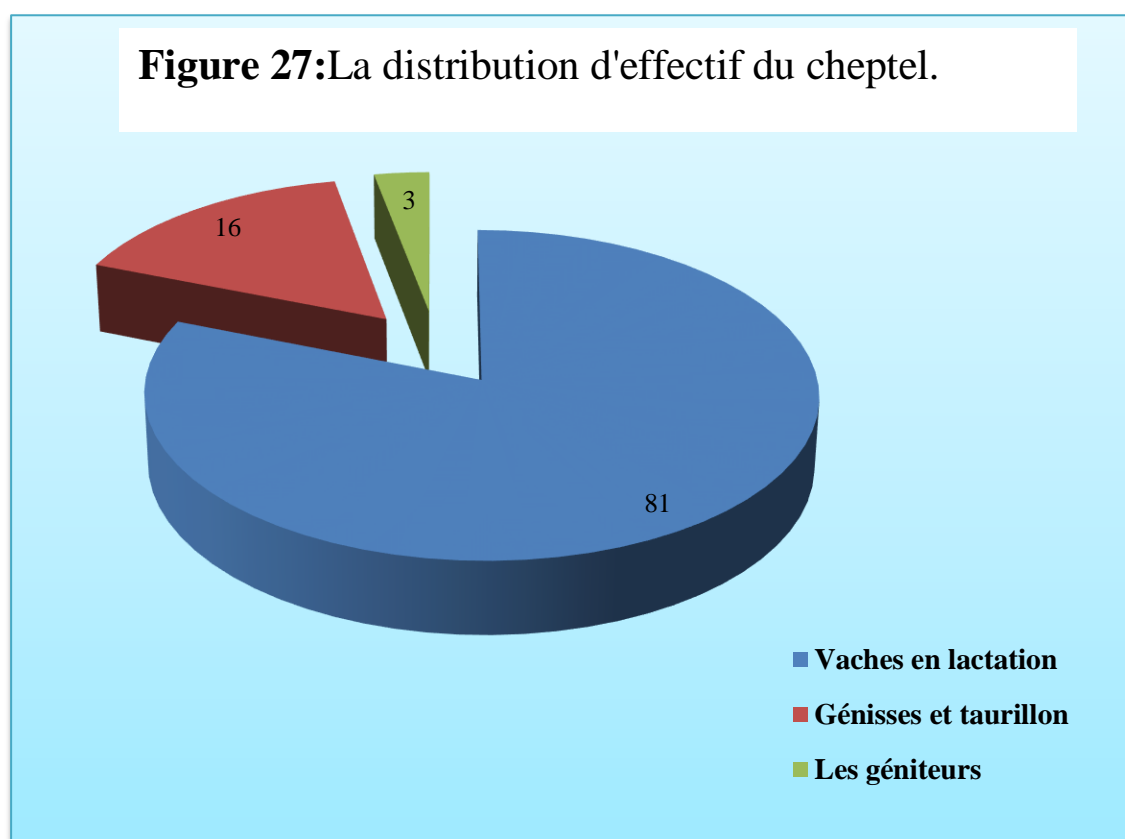
Les personnes de couleur noire possèdent des allèles codant des enzymes très actives pour la production de la mélanine, contrairement aux personnes de couleur blanche. Le génotype n'est pourtant pas seul responsable du phénotype : l'environnement y tient également une part non négligeable.

VI. Résultats et discussions

VI.1. La distribution d'effectifs dans le cheptel

Tableau 03. Distribution d'effectif du cheptel.

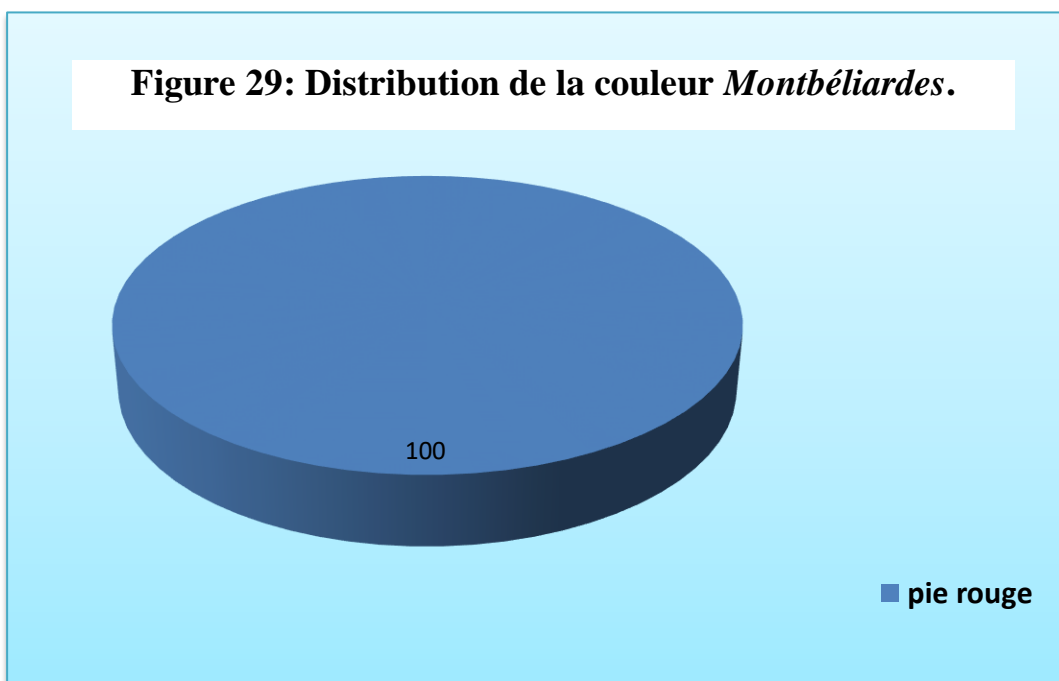
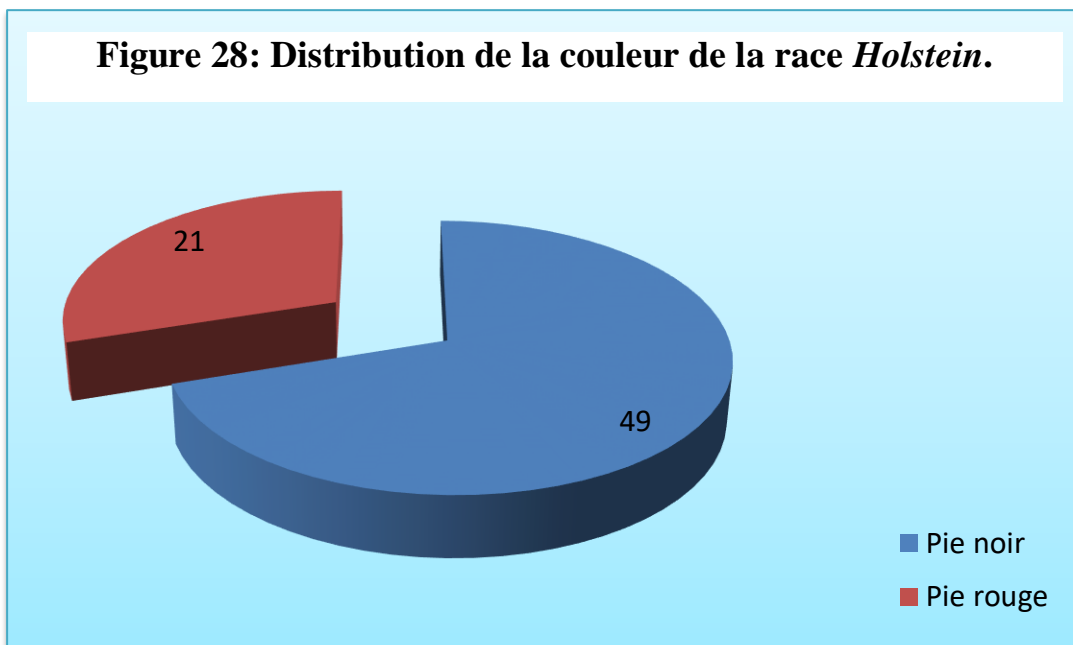
Nombre d'effectif	<i>Holstein</i>	<i>Montbéliarde</i>
Pie noir	49	/
Pie rouge	21	30
Vaches en lactation	81	
Génisses et taurillon	16	
Les géniteurs	/	03
Totale	100	

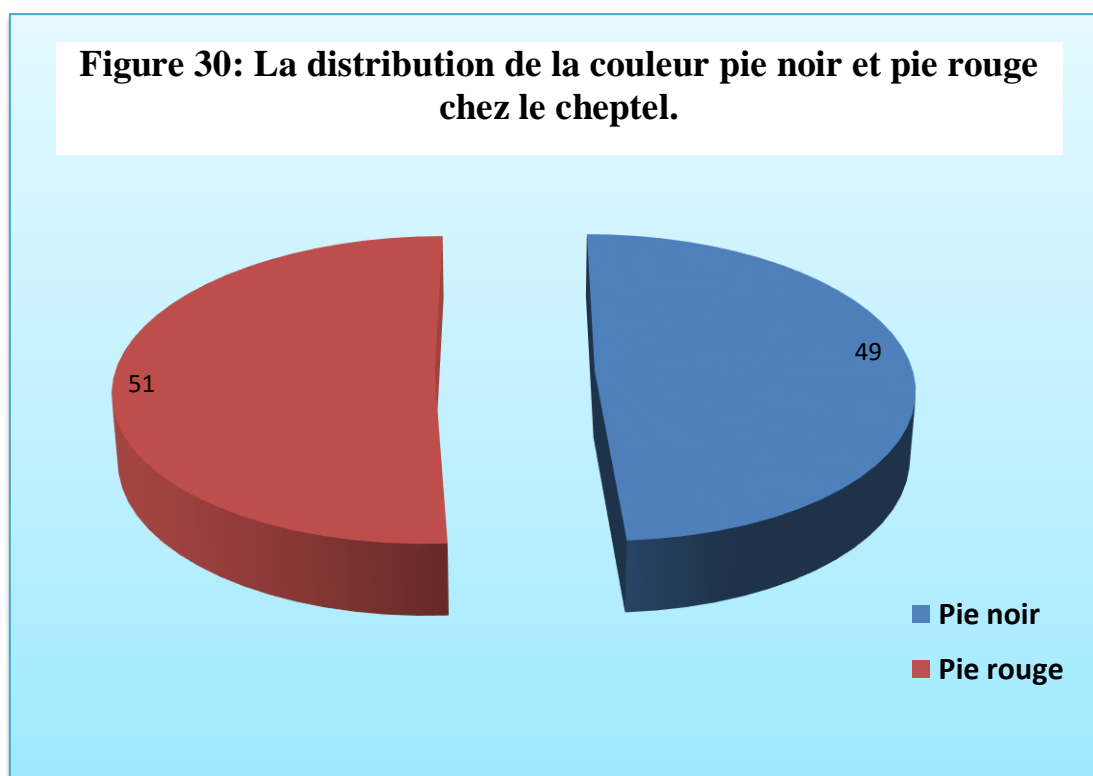


Selon la distribution du cheptel, les couleurs les plus dominantes sont le rouge et le noire chez la robe bovines étudiées. D'après le dénombrement d'effectif selon l'âge il ya plus de 81% vache en lactation, 16% les génisses et taurillon et 03% les géniteurs.

Tableau 04 . distribution d'effectif de la race *Holstein* .

Nombre d'effectif	Holstein	Montbéliarde
Pie noir	49	/
Pie rouge	21	30
Total	100	





La couleur dominante de la robe est la pie rouge par 51 %, dont on trouve 21% chez la race *Holstein* et 51% chez la race *Montbéliardes*, par contre la couleur pie noir est 49% du cheptel.

VI.2. Fréquences génotypiques

VI.2.1. Fréquences génotypiques de la *Holstein*

- rappelant

$$\text{Fréquence génotypique} = \frac{\text{nombre d'individus porteur du génotype étudié}}{\text{nombre total d'individus de la population}}$$

$$\text{- Pie noir} = \frac{49}{81} = 0,60 = 60\%$$

$$\text{- Pie rouge} = \frac{21}{81} = 0,25 = 25\%$$

VI.2.2. Fréquences génotypiques de la *Montbéliarde*

- La couleur de la race *Montbéliarde* est 100%.

VI.3. Fréquences allélique

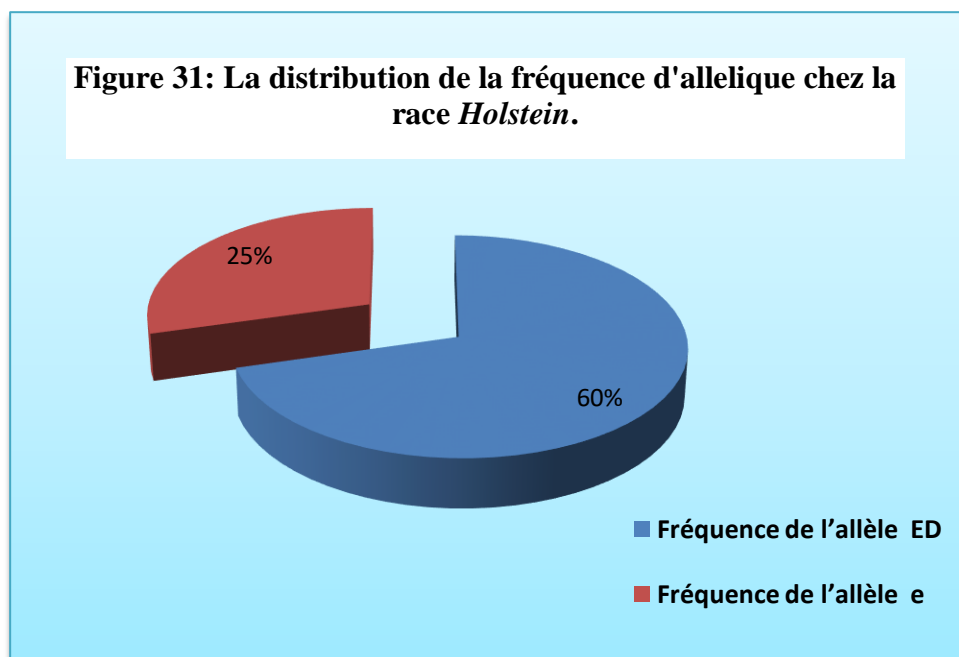
VI.3.1. Hypothèse

Si en considérant le phénotype de la population étudiée égale au génotype :

- Le génotype de la pie noir est $E^D E^D$.
- Le génotype de la pie rouge est : ee .

VI.3.2. Fréquences alléliques de la race *Holstein*

- Fréquence de l'allèle $E^D = \frac{49 \cdot 2}{81 \cdot 2} = 0.60$.
- Fréquence de l'allèle $e = \frac{21 \cdot 2}{81 \cdot 2} = 0,25$.



D'après les résultats, la dominance de l'allèle E^D par 60% et l'allèle e représente 25% .

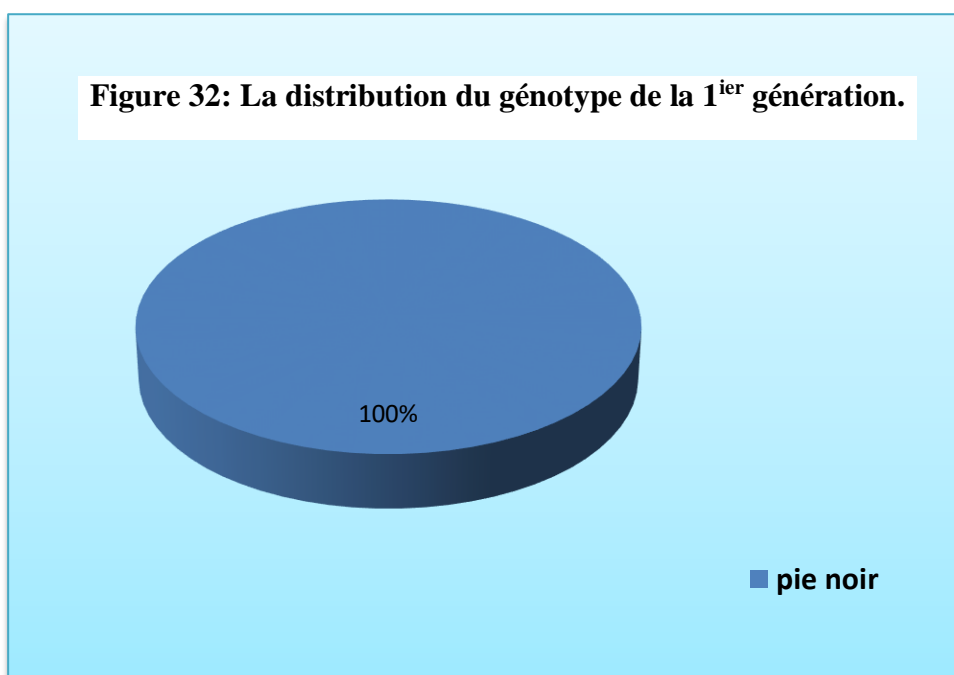
VI.3.2. Fréquences alléliques de la *Montbéliard*

- Fréquences de l'allèle $e = \frac{30 \cdot 2}{30 \cdot 2} = 1$. (représente 100%).

VI.4. Hérité de la couleur de la robe

D'après la bibliographie on constate les trois allèles identifiés de locus extension :

- E^+ ;sauvage permettant toutes les combinaisons de rouge ou rouge/brun et de noir.
- E^D ,responsable du noir dominant (communément appelé le facteur noir).
- e , exprimant le rouge récessif (communément appelé le facteur rouge).
- le rapport de dominance de ces allèles est $E^D E^+ e$.



VI.4.1. Cas du monohybridisme

En partant de 2 parents homozygotes

	Vache pie noir	X	pie rouge
Génotypes	$E^D E^D$		$e e$
Gamètes	$E^D(1)$	↓	$e(1)$
G1 génotypes		$E^D e$	
Phénotypes		100% des G1 sont pie noir.	

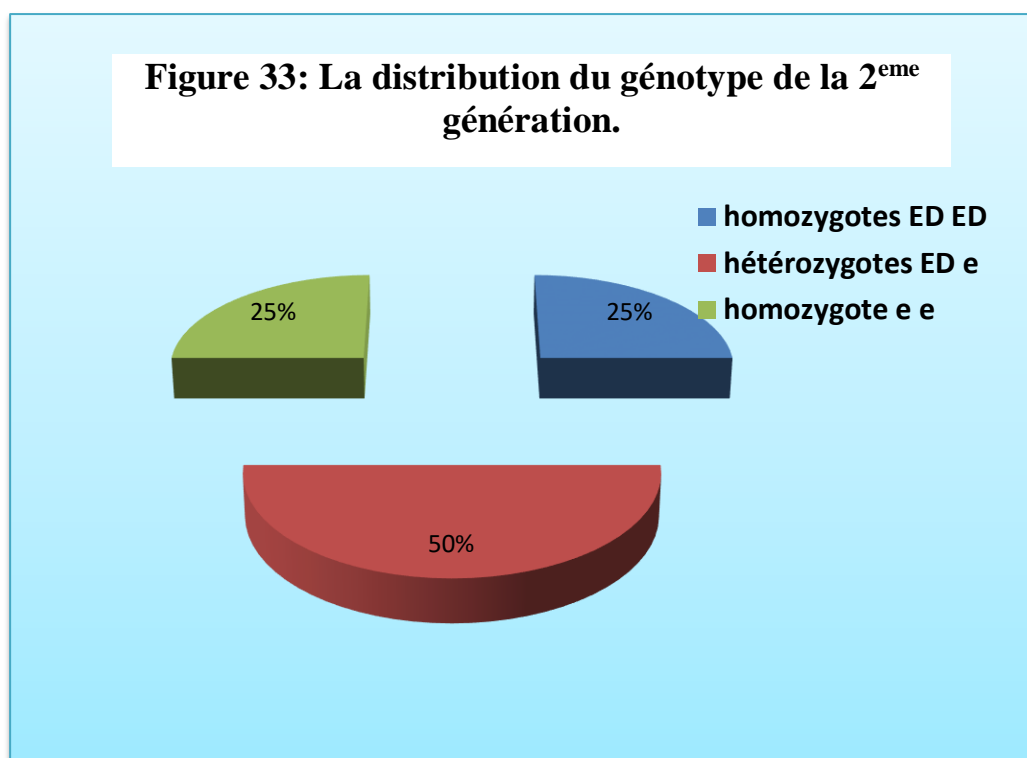
- 100% des G1 sont de même génotype et de même phénotype .
- Les effets de l'allèle E^D masquent complétement les effets de l'allèle e .
- L'allèle E^D est dominante. par rapport aux autres récessif.

VI.4.2. Hérité de G2

	$\text{♂} : E^D e$		
$\text{♀} : E^D e$	Gamètes	E^D	e
	E^D	$E^D E^D$	$E^D e$
	e	$E^D e$	$e e$

Génotype
1/4 homozygotes $E^D E^D$
1/2 hétérozygotes $E^D e$
1/4 homozygote $e e$

Phénotype
3/4 d'individus « pie noir »
1/4 d'individus « pie rouge »



En génétique, Lorsque E^D est présent chez un animal, il est typiquement noir. C'est l'allèle dominant de la série allélique « Extension ». Les bovins qui sont de génotype ee sont de couleur rouge. C'est le génotype récessif.

Les taches blanches sur le corps sont héritées comme un caractère récessif, alors que la couleur blanche de la face est héritée comme un caractère dominant.

Par ailleurs, il ne faut pas s'étonner si un veau de couleur pie-rouge est né à partir de parents qui sont tous les deux de couleur pie-noire. Ce cas est possible lorsque les deux parents sont de génotype hétérozygote $E^D e$. Il a lieu une fois sur 4.

Le croisement entre les taureaux de type Pie-Noir *Holstein* homozygotes $E^D E^D$ et les vaches de race locale produit à la 1ère génération (G1) des veaux dont la robe est noire uniforme (entièrement noire). Si les vaches F1 sont croisées à leur tour aux taureaux pie-noirs, 50% des veaux nés à la 2ème génération seront de couleur pie noire et 50% de couleur noire uniforme. Ceci est dû au fait que le noir domine le rouge, et que la robe uniforme (une seule couleur) domine la robe pie ou tachetée.

D'après le stage, pour distinguer entre un bovin Pie-Noir pur et un bovin Pie-Noir croisé (issu du croisement Pie-Noir x Pie-Rouge), il faut observer la couleur de la face. Si celle-ci est blanche, alors l'animal est croisé. En revanche, si celle-ci est colorée, alors l'animal est de type Pie-Noir pur.

Conclusion

L'énorme diversité des patrons de coloration est probablement la manifestation la plus remarquable des relations complexes entre les facteurs environnementaux, les voies de transduction du signal, et les facteurs de transcription participant à la genèse et à la différenciation d'une lignée cellulaire.

Le phénotype de la robe des bovins constitue un des critères majeurs de la certification de l'appartenance d'un individu à une race donnée. La couleur de la robe est sous-tendue par des différences moléculaires au niveau des gènes impliqués dans l'établissement de ce phénotype.

La mise en évidence de ces caractéristiques génétiques propres à chaque race permettrait la mise au point de tests moléculaires visant à déterminer l'origine raciale de n'importe quel échantillon bovin.

La couleur de la robe est un caractère qualitatif influencé par un petit nombre de gènes. Elle n'a pas un grand intérêt économique, mais c'est une caractéristique raciale. Néanmoins, dans les régions tropicales où les radiations solaires sont élevées, les bovins dont la couleur de la robe est claire avec une peau à pigment foncé s'adaptent généralement mieux. La majorité des races de zébu, bien adaptées à ces conditions, possède ce phénotype. Lors de l'importation d'animaux, il est important de favoriser ce type de robe.

Annexe

➤ Matériel expérimental



Photo 1: d'un tracteur



Photo 2: d'un tracteur



Photo 3: seau de lait d'acier inoxydable de pièces de rechange de machine à traire des chèvres 50L avec le couvercle/couverture.



Photo 4: tracteur



Photo 5: Cuve à lait.



Photo 6: cuve à lait Milkplan Alpha 200 transport.



Photo 7: traite de lait.



Photo 8: tubulaire d'alimentation.



Photo 9: la pie rouge *Montbéliard*.



Photo 10: la pie noir *Holstein* .

Références Bibliographies

- * ***Abdelguerfi et Bedrani, 1997.*** Study on range and livestock development in North Africa (Algeria, Morocco and Tunisia). FAO, Regional Office for the NEAR EAST. pp: 71. In Conséquences des changements sur les ressources génétiques du Maghreb. Options Méditerranéennes, Série A / n°39, 2000.
- * ***Alain Fournier, 2007.*** La vache. Edition Artemis. 40-45.
- * ***Abdelguerfi. A, 1987.*** Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie. Céréaliculture, ITGC, pp :1-5. In comité scientifique des Assises INRAA 2007.
- * ***Berge, S. 1961.*** Influence of dun on brown and brindle cattle. Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie 75, 298.
- * ***Bennett, D. C., and Lamoreux, M. L. 2003.*** The color loci of mice-a genetic century. Pigment Cell Res 16, 333-344.
- * ***Berzelius, J. J. 1840.*** Lehrbuch Chem 9: 522.
- * ***Chhajlani, V. and J. E. Wikberg 1992.*** Molecular cloning and expression of the human melanocyte stimulating hormone receptor cDNA. FEBS Lett 309(3): 417-20.
- * ***Del Marmol, V., S. Ito, B. Bouchard, A. Libert, K. Wakamatsu, G. Ghanem and F. Solano 1996.*** Cysteine deprivation promotes eumelanogenesis in human melanoma cells. J Invest Dermatol 107(5): 698-702.
- * ***Diment, S., M. Eidelman, G. M. Rodriguez and S. J. Orlow 1995.*** Lysosomal hydrolases are present in melanosomes and are elevated in melanizing cells. J Biol Chem 270(9): 4213-5.
- * ***Graphodatskaya et al., 2002.*** Molecular and pharmacological caractérisation of the MSH-R alleles in swiss cattle breeds. Journal of receptors and signal of rtransduction research 22, 421-430.

- * ***Gredaal, 2002.*** Aperçu sur les populations bovines d'Algérie.
- * ***GREDAAL, 2004.*** La filière viande rouge en Algérie. Compte rendu des journées techniques organisées par l'ONUDI, la FAO et l'OMS en Algérie (28 et 29 Juin, 06 Juillet 2004).
- * ***Gilles bagard, 2017.*** La coloration: Méthodes globale. Gbvéga éditions. 52-60.
- * ***Girardot M., Guibert, S., Laforet, M. P., Gallard, Y., Larroque, H., and Oulmouden, A. 2006.*** The insertion of a full-length *Bos taurus* LINE element is responsible for a transcriptional deregulation of the Normande Agouti gene. *Pigment Cell Res* 19, 346-355.
- * ***Ismail boujemane, 2011.*** Les systèmes de croisement des bovins à viande. *L'Espace Vétérinaire* N° 99, Juillet-Aôut-Septembre 2011 Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
- * ***Ibsen, H. L. 1933.*** Cattle inheritance. I. Colour. *Genetics* 18: 441-480.
- * ***Jimbow, K. 1995.*** Current update and trends in melanin pigmentation and melanin biology. *Keio J Med* 44(1): 9-18.
- * ***Jimbow, K., J. S. Park, F. Kato, K. Hirosaki, K. Toyofuku, C. Hua and T. Yamashita 2000.*** Assembly, target-signaling and intracellular transport of tyrosinase gene family proteins in the initial stage of melanosome biogenesis. *Pigment Cell Res* 13(4): 222-9. Jimbow, K.,
- * ***M. Takahashi, S. Sato and A. Kukita 1971.*** Ultrastructural and cytochemical studies of melanogenesis in melanocytes of normal human hair matrix. *J Electron Microsc (Tokyo)* 20(2): 87-92.
- * ***Klungland, H., Vage, D. I., Gomez-Raya, L., Adalsteinsson, S., and Lien, S. 1995.*** The role of melanocyte-stimulating hormone (MSH) receptor in bovine coat color determination. *Mamm Genome* 6, 636-639.

- * ***Kushimoto, T., V. Basrur, J. Valencia, J. Matsunaga, W. D. Vieira, V. J. Ferrans, J. Muller, E. Appella and V. J. Hearing 2001.*** A model for melanosome biogenesis based on the purification and analysis of early melanosomes. Proc Natl Acad Sci U S A 98(19): 10698-703.
- * ***Kushimoto, T., J. C. Valencia, G. E. Costin, K. Toyofuku, H. Watabe, K. Yasumoto, F. Rouzaud, W. D. Vieira and V. J. Hearing 2003.*** The Seiji memorial lecture: the melanosome: an ideal model to study cellular differentiation. Pigment Cell Res 16(3): 237-44.
- * ***Marie- Dervillé et al, 2009.*** Race bovines de France. Edition France Agricol. 269.
- * ***Marie- hélène, 2000.*** Génétique moléculaire: principe et application aux population animale, 244-260.
- * ***Majeskie, J. L. 1970.*** Characteristics and inheritance of certain coat colours and patterns in cattle. PhD thesis, Kansas state university, Manhattan, Kansas.
- * ***Mort RL, al., 2015.*** The melanocyte lineage in development and disease. Development (Cambridge, England) 142: 620-632.
- * ***Nordlund, J. J., R. E. Boissy, V. J. Hearing, R. A. King and J.-P. Ortonne 1998.*** The Pigmentary System - Physiology and Physiopathology. Oxford, Oxford University Press.
- * ***Olson, 1999.*** Genetics of colour variation. CAB International, 33-51.
- * ***Olson, 1980.*** Choice of a wild-type standard in colour genetics of domestic cattle. Journal of Heredity 71, 442-444.
- * ***Olson, T. A. 1975.*** An analysis of the inheritance of coat colour in cattle. MS thesis, Iowa State University, Ames.
- * ***Olson, T. A. a. W., R.L. 1982.*** Inheritance of coat colour in cattle. Iowa State University and Agricultural Experiment Station Bulletin 595.
- * ***Prota, 1992.*** Comparative analysis of melanins and melanosomes produced by various coat color mutants. Pigment Cell Res 8, 153-163.
- * ***Renate Lüllmann-Rauch, 2008.*** Histologie, Premier cycle des études médicales. 120-126.

- * **Riley, P. A. (1997).** Melanin. *Int J Biochem Cell Biol* 29(11): 1235-9.
- * **Riley, P. A. 2003.** Melanogenesis and melanoma. *Pigment Cell Res* 16(5): 548-52.
- * **Rouzaud, F., Martin, J., Gallet, P. F., Delourme, D., Goulemot-Leger, V., Amigues, Y., Menissier, F., Leveziel, H., Julien, R., and Oulmouden, A. 2000.** A first genotyping assay of French cattle breeds based on a new allele of the extension gene encoding the melanocortin-1 receptor (Mc1r). *Genet Sel Evol* 32, 511-520.
- * **Russo, V., and Fontanesi, L. 2004.** Coat colour gene analysis breed traceability. *Bruna* 3, 95–100.
- * **Seiberg, M. (2001).** Keratinocyte-melanocyte interactions during melanosome transfer. *Pigment Cell Res* 14, 236-242.
- * **Seiberg, M., Paine, C., Sharlow, E., Andrade-Gordon, P., Costanzo, M., Eisinger, M., and Shapiro, S. S. 2000.** The protease-activated receptor 2 regulates pigmentation via keratinocyte-melanocyte interactions. *Exp Cell Res* 254, 25-32.
- * **Siegrist, W., Drozdz, R., Cotti, R., Willard, D. H., Wilkison, W. O., and Eberle, A. N. 1997.** Interactions of alpha-melanotropin and agouti on B16 melanoma cells: evidence for inverse agonism of agouti. *J Recept Signal Transduct Res* 17, 75-98.
- * **Silvers, L. M. (1995).** Mouse genetics: concepts and applications. Oxford University Press.
- * **Silvers, W. K. (1979).** The coat colors of mice: A model for mammalian gene action and interaction. Springer-Verlag, New York.
- * **Scott, G., Leopardi, S., Printup, S., and Madden, B. C. 2002.** Filopodia are conduits for melanosome transfer to keratinocytes. *J Cell Sci* 115, 1441-1451.
- * **Scott, G., Deng, A., Rodriguez-Burford, C., Seiberg, M., Han, R., Babiarz, L., Grizzle, W., Bell, W., and Pentland, A. 2001 a.** Protease-activated receptor 2, a receptor involved in melanosome transfer, is upregulated in human skin by ultraviolet irradiation. *J Invest Dermatol* 117, 1412-1420.
- * **Scott, G., Leopardi, S., Printup, S., Malhi, N., Seiberg, M., and Lapoint, R. 2004.** Proteinase-activated receptor-2 stimulates prostaglandin production in

keratinocytes: analysis of prostaglandin receptors on human melanocytes and effects of PGE2 and PGF2alpha on melanocyte dendricity. *J Invest Dermatol* 122, 1214-1224.

* *Scott, G., and Zhao, Q. 2001 b.* Rab3a and SNARE proteins: potential regulators of melanosome movement. *J Invest Dermatol* 116, 296-304.

* *Smit, A. F. (1997).* Interspersed repeats and other mementos of transposable elements in mammalian genomes. *Curr Opin Genet Dev* 9(6): 657-63.

* *Urabe, K et al, 1993.* *Pigment Cell Res.*, 6, 186-192.

* *Van Den Bossche, K., Naeyaert, J. M., and Lambert, J. 2006.* The quest for the mechanism of melanin transfer. *Traffic* 7, 769-778.

* *Weber, W., and Lauvergne, J. J. 1964.* Trois cas d'Albinisme rencontrés en Suisse dans la race Brune des Alpes. *ANN Zootech* 13, 151-154.

<https://www.hominides.com/html/animaux-prehistoriques/aurochs.php>.

<http://presse.inra.fr/Communiqués-de-presse/Coloration-de-la-robe-des-bovins-decouverte-d-un-allele-specifique-de-la-race-Charolaise>.

<http://princesse-lavache.com/47.html>.

<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=FR2016222073>.

ملخص

تم إنجاز الدراسة على مستوى مزرعة سي جدي ببلدية بوقيراط، التي تقع حوالي 27 كم من ولاية مستغانم. يركز هدف دراستنا على توصيف لون جلد الأبقار من خلال فحص ملامح الحيوانات البالغة ونسلها باستخدام التنميط المظهري على إجمالي عدد رؤوس الماشية البالغ 100 حيوان ، السلالات (70 Hostaine ، 30 Montbeliarde). أظهرت حسابات النمط الظاهري Hostaine (60 ٪ بالنمط الأسود - 25 ٪ بالنمط الأحمر) و 100 ٪ Montbeliarde ، من ناحية أخرى ، فقد وجد أن تأثير مورثة E^D سائد على e . هذه النتائج المتحصل عليها تعني أن لون جلد الأبقار يتأثر نوعياً بعدد من الجينات.

كلمات البحث : الأبقار، جلد، مورثة، مستغانم.

Résumé

Notre travail a été réalisé au niveau de la ferme de Mr *SI DJEDI*, à la commune de *Bouhirat*, qui se localise au 27km Wilaya de *Mostaganem*. L'objectif de notre étude se base sur la caractérisation de la couleur de la robe chez les bovins par l'examen du profil des animaux adultes et leur descendance en utilisant un profilage phénotypique sur un effectif total 100 têtes bovines, et qui comprend les deux races (70 *Hostein*, 30 *Montbeliarde*). les calculs ont mis en évidence par les calculs des fréquences génotypiques *Holstein* (Pie noir 60% - Pie rouge 25%) et *Montbeliarde* 100%, d'autre part on constate que les effets de l'allèle E^D dominant les effets de l'allèle e . Ces résultats obtenus signifient que la couleur de la robe est un qualitatif influencé par un nombre de gènes.

Mots clés : Race, Bovin, allèles, gènes, Mostaganem.

Abstract

This study was conducted at the ferme of Mr *SI DJEDI*, in the common *Bouhirat*, exactly 27km in the Wilaya de *Mostaganem*. The study is based on the characterisation of the coat color in cattle by principle of the examination of the profile of adult animals and their offspring, with a phenotypic profiling on a total head of cattle whose 2 races (70 *Hostein*, 30 *Montbeliarde*). The results revealed by the genotypic frequencies calculated as *Holstein* (black 60% - red 25%) et *Montbeliarde* 100%, and the allelic E^D dominant allelic e . This results revealed that coat color is qualitative influenced by a small number of genes.

Keywords: Breed, Cattle, allelic, genes, Mostaganem.