



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
Faculté des sciences de la nature et de la vie
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

N°...../SNV/2017

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention
Du Diplôme de master II en
Génétique et reproduction animale

THÈME

Contribution a l'étude Génétique de la pigmentation
De la robe chez les bovins

Présenté par :

- : **HAMDADOUBouchakor**

Soutenu le : 08 /05/2017 devant les jurys :

Président:	Mr. .TAHRI Miloud	MCA U. Mostaganem
Encadreur:	Mme. FASSIHAicha	Docteur U. Mostaganem
Examineur :	Mr. KACEM Nacera	MAA U. Mostaganem

Année Universitaire: 2016/2017.

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modest travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Madame :

(FASSIH A, son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions

A nos familles et nos amis qui par leurs prières et leurs encouragements, on a pu surmonter tous les obstacles.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci 

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

*Ma très chère et douce mère, Mon très cher père à qui m'adresse au ciel les vœux
les plus ardents pour la conservation de leur santé et de leur vie.*

Pour mes chers frères.

Pour mes chères sœurs.

Pour mes très chers amis.

Pour mes très chers collègues de travail.

A toutes la promotion génétique et reproduction animale :

2016-2017

Hamdadou

Résumé :

Cette étude a été menée dans la ferme de Mr DOUBI BOUNOUA Djilali dans les plaines de la commune d'Ain Nouissy wilaya de Mostaganem, elle s'articule 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 en utilisant un profilage phénotypique sur un effectif total de 120 têtes bovines comprenant deux races (80 Holstein, 40 montbéliarde).

Les résultats ont mis évidence par les calculs de fréquences génotypiques (Holstein « Pie noir **61%**», «Pie rouge **39%**» et la Montbéliarde elle est à **100%** «Pie rouge») et la fréquence allélique de Holstein (l'allèle $E^D=0.61$, l'allèle $e=0.39$ et l'allèle e Montbéliarde=**100%** et sur l'hérédité de la couleur entre descendance et leur parent on constate que les effets de l'allèle E^D masquent complètement les effets de l'allèle e .

Ces résultats révèlent que la couleur de la robe est un caractère qualitatif influencé par un petit nombre de gènes et n'a pas un grand intérêt économique mais c'est une caractéristique raciale.

Summarie :

This study was conducted at the farm of Mr DOUBI BOUNOUA Djilali in the plains of the common Ain Nouissy wilaya de Mostaganem, the study is based on the characterization of the coat color in cattle by principle of examination of the profile of adult animals and their offspring. With a phenotypic profiling on total of **120** head of cattle whose tow races (80 Holstein, **40** montbéliarde).

The results revealed by the genotypic frequencies calculated as (Holstein « **61%** black pie », « **39%**red pie» and Montbeliarde it is **100%** « red pie» and allelic Holsein (allele $E^D =0.61$, $e=0.39$ allele and the allele e Montbeliarde =**100%** and the inheritance of color between parent and offspring is found that the effects of E^D allele completely mask the effects of the allele e

The results revealed that coat color is a qualitative influenced by small number of genes. it has no great economic value. But it is a racial characteristic.

SOMMAIRE

Résumé	
Table des matières	
Liste des figures et tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	01
<u>PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE</u>	
<u>Chapitre I : Généralités sur les bovins</u>	
1) les bovins.....	03
1-1) Généralités sur les races.....	03
1-2) Les races étudiées.....	03
1-2-1) La Prim'Holstein.....	03
1-2-2) La Montbéliarde.....	04
<u>Chapitre II : Système pigmentaire</u>	
1) la pigmentation.....	06
1.1) Généralités sur la pigmentation des mammifères.....	06
1.2) Les gènes de coloration.....	07
1.3) Le système pigmentaire.....	05
1-3-1) La peau / les mélanocytes.....	08
1-3-2) Le mélanosome.....	10
1-3-3) Le transport des mélanosomes.....	11
1.3-4) Le transfert des mélanosomes.....	13
1-3-5) Rôle du récepteur MC1R.....	14
<u>Chapitre III : La couleur de la robe chez les bovins</u>	
1) les robes.....	15
1-1) Les robes simples.....	16
1-2) Les robes composées.....	18
1-3) Les robes modifiées.....	21
<u>Chapitre IV : La génétique de la coloration de la robe chez les bovins</u>	
1) La coloration de la robe chez le bovin.....	25
2) Les patrons de coloration.....	25
3) Le déterminisme génétique des patrons de coloration chez le bovin.....	26
3.1) Le locus Extension.....	27
3.2) Le locus AGOUTI.....	29
3.3) Le locus Bringé (Brindle).....	29
3.4) Le locus Albino.....	30
3.5) Le locus Dun.....	30
3.6) Le locus Dilute.....	30
4) Les mutations white-spotting.....	31
4-1) Les mutants Blaze (Blason).....	32
4-2) Les mutants Roan.....	32
4-3) Les mutants Colour-sided (flanc coloré).....	32
4-4) Les mutants Belted.....	33

4-5) Les mutants Brockling.....	34
---------------------------------	----

PARTIE EXPERIMENTALES

Chapitre I : Milieu d'Etude

1) Monographie.....	35
2) Situation géographique	36
3) Climat.....	36
4) L'agriculture dans la wilaya de Mostaganem.....	36
5) Site d'étude	37

Chapitre II : Matériel et Méthodes

1) Matériel et Méthodes	38
1-1) Objectif	38
2) Matériel expérimental.....	38
2-1) Matériel animal	38
2.2) La conduite des troupeaux	39
2-2-1) Rationnement	39
2-2-2) La reproduction	39
2-2-3) La prophylaxie	39
3) Matériel utilisé	39
3.1) Collecte des informations	39
3.2) Démarches méthodologique	39

Chapitre III : Résultats et discussions

1) La distribution d'effectifs dans le cheptel.....	41
2) Fréquences génotypiques	43
2-1) Fréquences génotypiques de la Holstein	43
2.2) Fréquences génotypiques de la Montbéliarde	44
3) Fréquences alléliques	44
3-1) Hypothèse	44
3.2 Fréquences alléliques de la Holstein	44
3.3) <i>Fréquences alléliques de la Montbéliard</i>	45
4) Hérité de la couleur de la robe	46
4.1) Cas du monohybridisme	46
4.2) Hérité de F2	47

Conclusion générale	50
----------------------------------	----

Références bibliographiques

Annexe

Liste des figures

Figure 01 : Vaches Holstein de couleurs pie-noire et pie-rouge.....	04
Figure 02 : Vache de race Montbéliarde.....	05
Figure 03 : Photo de mélanocytes en cultures (d'après (Bologna et Orlow, 2003a)...	08
Figure 04 : Localisation des mélanocytes au niveau de la peau humaine.....	09
Figure 05 : Localisation des mélanocytes au niveau du follicule pileux (d'après (Aubin-Houzelstein et al., 1998)).....	09
Figure 6 : Différents stades de maturation des mélanosomes (eumélanosomes) (de 1 à 4).....	11
figure 07 : mouvement antérograde des vésicules de sécrétion et transport des mélanosome. dans des cellules non pigmentées (en haut) et pigmentées (en bas).....	12
Figure08 : Rôle de Mc1r dans la pigmentation.....	14
Figure 09 : Vache Normande.....	15
Figure 10 : Fauve rouge (taureau Salers).....	17
Figure11 : Fauve roux (génisse Limousine).....	17
Figure12 : Fauve froment, ici panaché (vache Simmental).....	17
Figure 13 : Sable (vaches Blondes d'Aquitaine).....	18
Figure14 : Blanc (vaches Charolaises).....	18
Figure 15 : Moyennement charbonné (taureau Jersiais).....	19
Figure 16 : Légèrement charbonné (vaches Jersiaises).....	19
Figure 17 : Légèrement bringé (vache Normande).....	20
Figure 18 : Moyennement bringé (vache Normande).....	21
Figure 19 : Fortement bringé (vache Normande).....	21
Figure 20 : Panachure irrégulière (Princesse).....	23
Figure 21 : Panachure irrégulière avec tête blanche (vaches Montbéliardes).....	23
Figure 22 : Coloration latérale (vache Vosgienne).....	24
Figure 23 : Quelques patrons de la coloration de la robe chez le bovin.....	25
Figure 24 : Phénotypes des robes des races Holstein, Angus et Aubrac.....	28
Figure 25 : Veau albinos de race Brune.....	30
Figure 26 : Race Herford porteuse de l'allèle S ^H	31
Figure 27 : un taureau de race Dutch Belted.....	33
Figure28 : découpage de la Wilaya de Mostaganem.....	35
Figure29 : situation géographique de la ferme (image prunier par satellite).....	37
Figure 30 : Vache de race Holstein avec sont veau.....	38
Figure 31: Vache de race Montbéliarde.....	38
Figure 32 : distribution de cheptel.....	41
Figure 33: distributions de couleur de la robe Holstein.....	42
Figure 34 : distributions de couleur de la robe Montbéliarde.....	43
Figure 35: La fréquence génotypique de la race Holstein.....	43
Figure 36: La fréquence génotypique de la race Montbéliarde.....	44
Figure 37 : distribution de la fréquence allélique dans la Holstein.....	45
Figure 38: Distribution de la Fréquences alléliques de la race Montbéliarde.....	46
Figure 39 : Résultat de la F1.....	47
Figure 40: distribution génotypique.....	48
Figure 41 : vaches Holstein caractérisée par sa face colorée.....	48
Figure 42 : Vache montbéliarde caractérisée par sa face blanche	49

Figure 43 : animal pie noir croisé d'un couleur blanche de la face.....	49
Figure 44 : animal pie noir pure d'un couleur colorée de la face.....	49

Liste des tableaux

Tableau 01 : Loci génétiques décrits chez le bovin, (Olson, 1999).....	27
Tableau 02 : distribution d'effectif dans le cheptel.....	41

Liste des abréviations

α -MSH : α -Melanocyte stimulating hormone

DCT : dopachrome tautomérase

TYR : tyrosinase humaine ou bovine

Tyr : tyrosinase murine.

MC1R : récepteur 1 aux mélanocortines

Tyrp1 : tyrosinase Related protein 1

ERP : l'épithélium pigmentaire rétinien

Introduction

La pigmentation de la peau, des poils, des cheveux ou des yeux est une des caractères les plus visibles pour l'observateur tant chez l'homme que chez les animaux. Depuis de très nombreuses années, l'homme s'est attaché à comprendre les mystères de la coloration parfois fascinante ou intrigante. Gregor Mendel, le pionnier de la génétique, a découvert les lois de l'hérédité au 19^{ème} siècle en considérant entre autres des traits phénotypiques tels que la couleur des fleurs et du pois. Par ailleurs, la théorie chromosomique de Morgan (1911) a été le fruit de ses expériences sur la couleur des yeux de la drosophile (*Drosophila melanogaster*).

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 des 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.

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

L'étude du thème repose sur la caractérisation de la couleur de la robe chez les bovins par principe de l'examen du profil des animaux adultes et leur descendance en consultant des carnets des naissances avec un profilage phénotypique et rassembler le maximum d'informations nécessaires pour accomplir notre étude. Pour cela notre travail s'est déroulé dans la ferme de monsieur **DOUBI BOUNOUA Djilali** dans la région de Ain Nouissy.

L'étude a été réalisée sur un effectif total de 120 tête bovines constitué de deux races : 80 Holstein (race allemand), 40 montbéliarde (race français).

Dans cette optique, nous nous sommes orientes vers l'étude génétique de la pigmentation de la robe chez les bovins .pour ce la nous avant réparti notre travail en deux partie :

La première partie est une étude bibliographique qui comprend :

- *Généralités sur les bovins.*
- *Système pigmentaire.*
- *couleur de la robe chez les bovins.*
- *La génétique de la coloration de la robe chez les bovins.*

Et la deuxième partie, ou partie expérimentale appréhende :

- Un chapitre explicatif du matériel et méthodes ; les résultats et leur interprétation.

1) LES BOVINS

1-1) Généralités sur les races

La famille des bovidés est relativement grande puisqu'elle comprend des mammifères aussi variés que peuvent l'être entre eux le chamois, le yack, le bison d'Europe ou encore l'antilope royale. Mais en ce qui concerne les races bovines, l'aurochs paraît être l'unique ancêtre de toutes celles qui vivent sur notre vieux continent, et plus particulièrement des bovins dits de race française. L'aurochs, *Bos primigenius*, était un bovin de grande taille (plus de 2 m au garrot), nettement plus imposante que celle du plus grand des taureaux actuels.

L'aurochs originel n'existe plus, seules les peintures trouvées sur les parois de grottes, comme celles visibles à Lascaux II, constituent nos références. On estime cependant que ses cornes puissantes dépassaient 1,20 m de long, son pelage était fauve foncé, presque noir. C'était un animal sauvage et rustique très résistant au froid et à l'humidité. Venu d'Eurasie, il s'installe en Europe à la fin du Quaternaire, juste avant la grande période de glaciation. Mentionné dans « la guerre des Gaules » de Jules César, les derniers spécimens furent chassés dans le royaume de France sous le règne de Philippe Auguste. Le dernier aurochs d'Europe fut abattu en Lituanie en 1627.

1-2) Les races étudiées

1-2-1) La Prim'Holstein

La race Prim'Holstein possède une morphologie fonctionnelle unique ; sa mamelle est particulièrement adaptée à la traite mécanique. De plus, elle affiche les meilleures productions en lait, mais aussi en matière protéique grâce à une amélioration constante de la race dans ce but. La Prim'Holstein est une race très précoce avec une vitesse de croissance rapide. Elle donne en outre de très bons résultats à l'engraissement de veaux et taurillons.

Il y a 3000 ans, des tribus germaniques du littoral de la Mer du Nord viennent s'installer dans les plaines du delta du Rhin ; leur bétail les suit.

Durant des siècles ces vaches et taureaux vont vivre dans cette région où leur appellation locale va devenir tout naturellement Frisonne, nom de cette région, d'autant que la race est facilement adoptée par les éleveurs bataves. Cette race Pie noire originaire du nord-ouest de l'Europe fut introduite dans le Nord de la France vers les années 1800. Son herd-book fut créé à la fin de la Première Guerre Mondiale. Depuis 1990, elle s'appelle Prim'Holstein ; ce changement s'explique par l'infusion de sang Holstein américain et par la volonté des éleveurs d'établir sa renommée internationale.

Massivement présente en Amérique du Nord mais aussi en Europe, en Afrique du Nord et au Brésil, la population française est de 3 millions de vaches.

La robe est celle des pies noires distribuées en larges plaques noires et blanches bien délimitées (Figure 01). Cependant, les extrémités des pattes et de la queue restent toujours blanches. On rencontre des Prim'Holstein pie rouge, donc à robe rouge et blanche dont l'inscription au herd-book est autorisée depuis quelques années.



Figure 01. Vaches Holstein de couleurs pie-noire et pie-rouge

1-2-2) La Montbéliarde

La Montbéliarde est avant tout une grande laitière, ayant conservé des qualités d'élevage et des qualités bouchères. Son lait, très apprécié, sert à fabriquer de nombreux fromages (Comté, Bleu de Gex, Munster). Cette race

permet aussi une bonne valorisation bouchère, les veaux purs ou croisés Charolais étant très recherchés sur les marchés français et italiens.

L'histoire des hommes, et notamment l'intolérance religieuse a contribué pour beaucoup dans l'évolution de la Montbéliarde. Au XVIIIe siècle, des anabaptistes fuient les persécutions qu'ils subissent dans l'Oberland bernois ils partent vers le Jura en emmenant avec eux des vaches et des taureaux bernois, des bêtes qui vont être croisées avec les races locales franc-comtoises de l'époque (la Taurache et la Fémeline). Mais toutes ces races ont un point commun, elles font partie du rameau bovin jurassique. La race Montbéliarde est officialisée en 1889 avec la création du herd-book. En 1950, puis en 1980, l'état français demande que la Montbéliarde se fonde dans un groupe Pie rouge, opération que refusent les éleveurs francs-comtois qui finissent par gagner. La Montbéliarde est confirmée comme race bien spécifique.

L'effectif français est estimé à 710000 vaches et ce chiffre place cette race au deuxième rang des laitières françaises. Elle est présente également dans plusieurs pays d'Europe, d'Afrique et d'Amérique.

La robe est pie rouge soutenu aux taches bien délimitées (Figure 02) ; en revanche la tête, le ventre et les membres restent blancs.



Figure 02 : Vache de race Montbéliarde

1) LA PIGMENTATION

1.1) Généralités sur la pigmentation des mammifères

Depuis des temps anciens, les gens se sont intéressés aux variations de couleur entre les différents animaux et les ont perpétuées pour ces caractères. Par exemple, la mutation albino (*Tyr^c*) était déjà connue et « entretenue » chez la souris au temps des Grecques et des Romains et a été le premier caractère mammalien à être analysé après la redécouverte des principes de Mendel en 1900. Le livre de Silvers (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.

L'origine du nom mélanine, du grec melanos (sombre), n'est pas claire mais est habituellement attribuée au chimiste suédois Berzélius (Berzelius, 1840).

Afin que la pigmentation fonctionne correctement, des événements et des interactions complexes doivent avoir lieu avec précision au cours du développement et de la différenciation. 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.

1.2) Les gènes de coloration

Les loci affectant la pigmentation d'un animal, plus spécifiquement les poils, la peau et/ou les yeux, sont appelés gènes de coloration. Cela exclut les effets qui n'impliquent pas le système pigmentaire, par exemple une couleur de peau pâle à cause d'une anémie.

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 » l'existence de 130 mutations (allèles) au niveau de 50 loci (Silvers, 1979). Aujourd'hui, 800 allèles associés à des phénotypes (Mouse Genome Informatics accessible à <http://www.informatics.jax.org/> et Coat Color Genes accessible à <http://ifpcs.med.umn.edu/micemut.htm>) appartenant à 127 loci ont été décrits chez la souris. Parmi ceux-ci, 59 ont été clonés et séquencés (Nakamura *et al.*, 2002; Bennett et Lamoreux, 2003) (Tableau 1). Leur nombre s'accroît actuellement rapidement grâce aux banques de données de séquence des génomes humains et murins. A ce jour, tous les gènes de coloration clonés chez l'Homme ou la souris ont un orthologue chez les autres espèces (Mouse Genome Informatics accessible à <http://www.informatics.jax.org/>,

Online Mendélien Inheritance in Man accessible à <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=OMIM> et Coat Color Genes accessible à <http://ifpcs.med.umn.edu/micemut.htm>) et on peut penser que la plupart d'entre eux sont communs à tous les mammifères. La correspondance avec les autres vertébrés est plus faible, quoique large (Rawls et al. 2001).

La multitude de gènes décrits peut être classée en différentes catégories en se basant sur leur niveau d'action et/ou en fonction du moment où ils sont requis. Ainsi, certains interviennent dans le développement du mélanocyte, d'autres dans le transport des constituants du mélanosome ou encore dans le transport du mélanosome lui-même.

La synthèse des mélanines en soi est assurée par l'activité de trois enzymes, Tyr, Tyrp1 et Dct, produits des gènes communément appelés locus *albino*, *brown* et *slaty* respectivement. Les activités de ces enzymes sont elles-mêmes contrôlées par le récepteur Mc1r et ses ligands antagonistes, α -MSH et Agouti. La qualité et la quantité des pigments synthétisés dépendent directement de l'activité de ces trois enzymes. Tout défaut de l'une d'entre elles a des répercussions le plus souvent visible sur la pigmentation de l'individu concerné.

1.3) Le système pigmentaire**1-3-1) 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 de la peau sont situés dans la couche basale entre le derme et l'épiderme et possèdent de nombreux prolongements dendritiques qui s'insèrent entre les kératinocytes environnants (Figure 3 et Figure 4). Les mélanocytes des follicules pileux sont eux situés au sommet de la papille dermique (Figure 5).

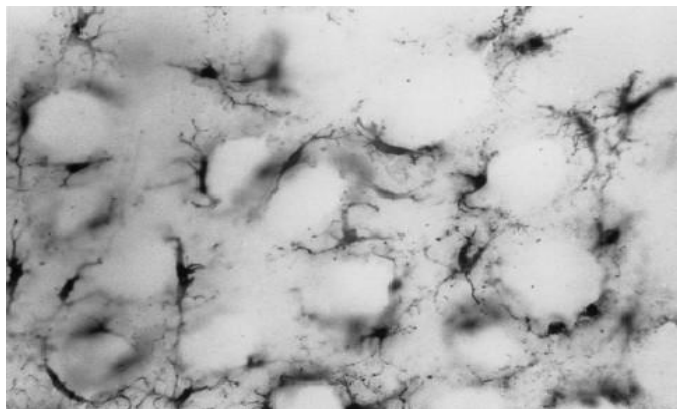


Figure 03 : Photo de mélanocytes en cultures (d'après (Bologna et Orlow, 2003a)).

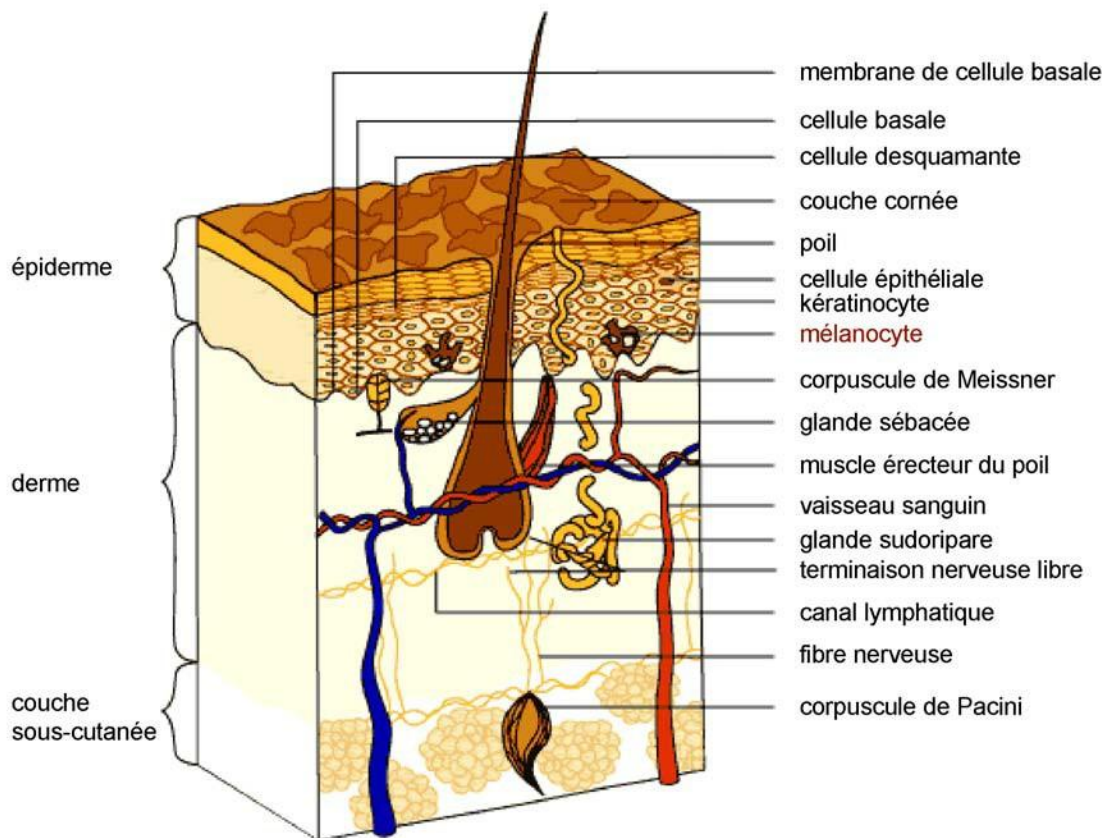


Figure 04 : Localisation des mélanocytes au niveau de la peau humaine

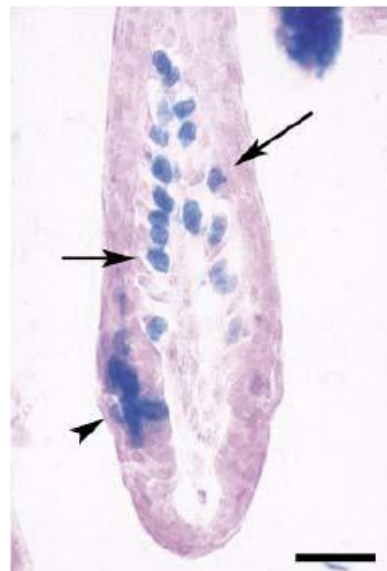


Figure 05 : Localisation des mélanocytes au niveau du follicule pileux (d'après (Aubin-Houzelstein *et al.*, 1998)). Coupe d'un follicule pileux Tyr^c/Tyr^c $Kit^{W-lacZ}/+$. Les mélanocytes sont indiqués par des flèches. Echelle : 25 μ m

Tous les mélanocytes, sauf ceux de l'épithélium pigmentaire rétinien (ERP), dérivent de la crête neurale, sur la partie dorsale de l'embryon, et migrent à travers le corps jusqu'à leur destination finale. Les mélanocytes de l'ERP se développent à partir du neuroectoderme invaginé de la coupe optique. En dépit des nombreux processus en commun avec les mélanocytes de la crête neurale, il existe de nombreuses différences dans leur réponse aux mutations (par exemple, les mutations *dilute* ne touchent pas les mélanocytes oculaires).

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).

1-3-2)) Le mélanosome

La synthèse des pigments par les mélanocytes se déroule dans des vésicules spécialisées appelées mélanosomes. Ces derniers sont transférés aux kératinocytes qui les déposent au niveau des poils en croissance. C'est l'étude et la caractérisation des protéines contenues ou formant l'organite mélanosomal qui ont fournies les explications biochimiques de certaines couleurs de pelage chez les animaux et de nombreux cas d'albinisme chez l'Homme.

L'examen ultrastructural des mélanocytes révèle que les mélanosomes sont des petits organites apparentés aux lysosomes. Ils sont produits à partir du réseau golgien et du réticulum endoplasmique rugueux (RER). Les mélanosomes mûrissent et se pigmentent au cours de leur transport le long des digitations dendritiques jusqu'à leur transfert aux kératinocytes environnant de la peau et du follicule pileux. En revanche, les mélanocytes de l'œil ne sécrètent pas leurs mélanosomes mais les retiennent dans leur cytosol (Nordlund *et al.*, 1998). Deux grands types de mélanosomes sont produits et nommés conformément au type de mélanine qu'ils contiennent :

a) 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,

b) 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.

La maturation du mélanosome comporte quatre stades (Figure 6). 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.

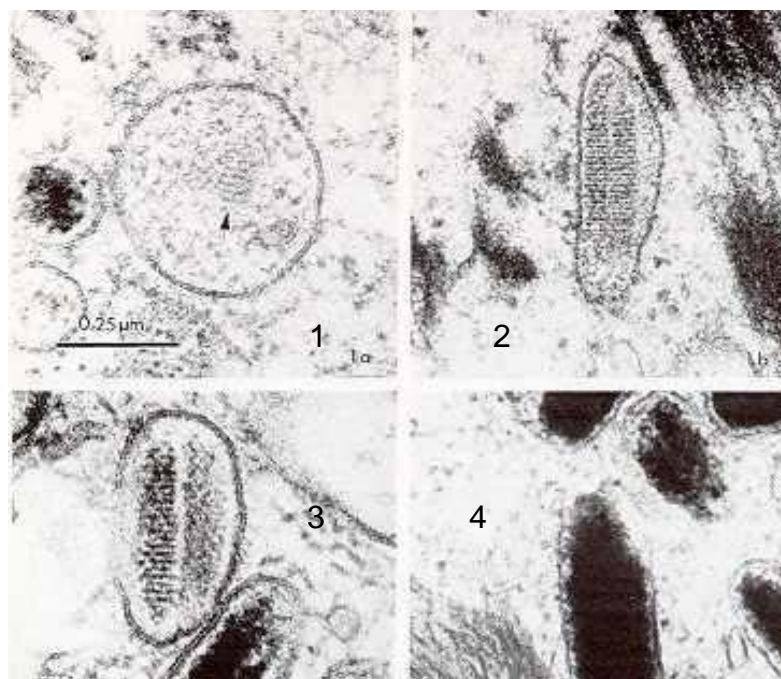


Figure 6 : Différents stades de maturation des mélanosomes (eumélanosomes) (de 1 à 4).

1-3-3) Le transport des mélanosomes

Au cours de la synthèse et de la maturation des mélanosomes au sein de mélanocytes épidermiques, ces organites sont transportés vers les extrémités des dendrites, en vue de leur transfert aux kératinocytes adjacents. Ce transport des mélanosomes est assuré *via* deux voies principales : dans un premier temps, les

microtubules sont utilisés pour une motilité à grande échelle conduisant les mélanosomes matures jusqu'aux extrémités des dendrites mélanocytaires. Dans un deuxième temps, ils sont pris en charge par les filaments d'actine pour de courts mouvements, précédant leur transfert aux kératinocytes (Marks et al., 2001).

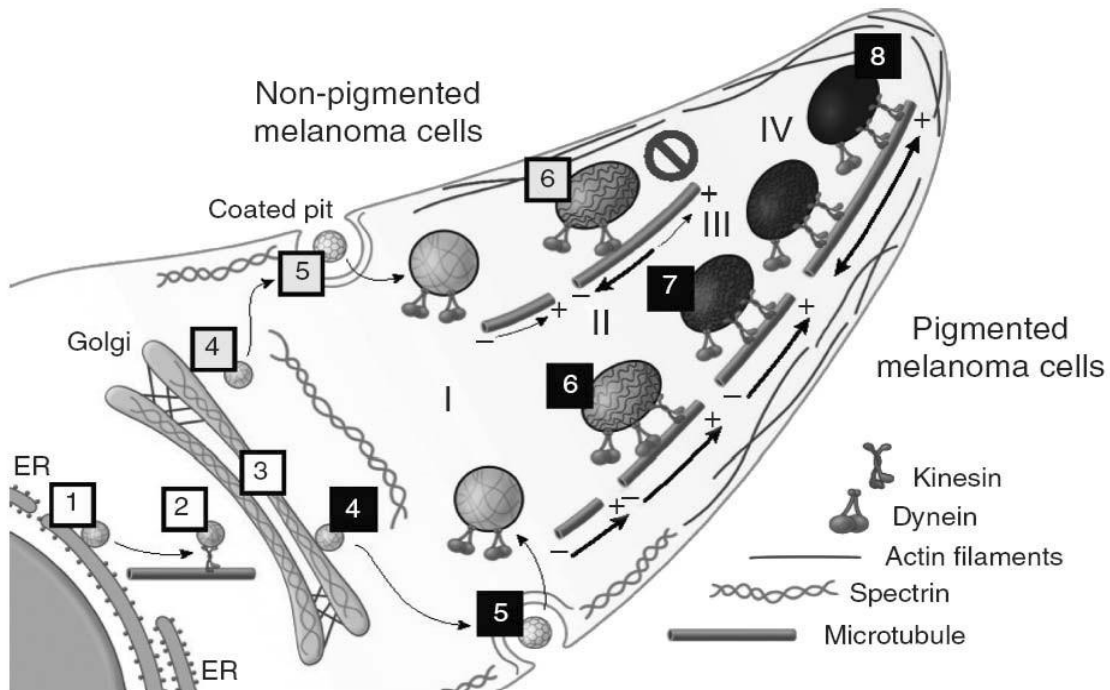


Figure 07 : mouvement antérograde des vésicules de sécrétion et transport des mélanosomes dans des cellules non pigmentées (en haut) et pigmentées (en bas). Des vésicules contenant des protéines mélanosomiques bourgeonnent du RE (1). Ces vésicules sont transportées par le complexe dyneine/dynactine via les microtubules jusqu'au cis-Golgi (2). Dans le Golgi la spectrine 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 spectrine. Au niveau du réseau trans-golgien(4), les vésicules de sécrétion contenant des mosaïques ressemblant à la spectrine, 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 dyneines 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)

La spéctrine est une protéine du cytosquelette qui interagit simultanément avec des protéines membranaires, des protéines cytosoliques et certains phospholipides, d'une manière directe ou indirecte, *via* des protéines adaptatrices (Ap), pour créer une matrice échafaudage (scaffold) multifonctionnelle. Elle se fixe également, sur tous les systèmes majeurs filamenteux et relie les membranes et les protéines du cytosol aux éléments du cytosquelette (De Matteis et *al.*, 2000). En plus de son rôle dans la sélection des cargos, dans l'interaction avec les vésicules recouvertes de clathrine au cours de l'endocytose et dans la voie de sécrétion précoce de l'interface RE-Golgi (Godi et *al.*, 1998), la spéctrine peut jouer un rôle dans la livraison des vésicules cargo aux organites cibles (Figure 7). Plus précisément, la spéctrine et la dynéine coopèrent ensemble pour retarder le tri et l'adressage des mélanosomes prématures en direction des dendrites, jusqu'à la fin de leur approvisionnement en protéines mélanosomiques, indispensables à leur maturation (Kural et *al.*, 2007 ; Hirobe et *al.*, 2007a,b,c et d). Les mélanosomes matures sont pris en charge par les microtubules, où ils suivent un mouvement antérograde, dirigé par les kinésines jusqu'aux dendrites.

1-3-4) Le transfert 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.

1-3-5) Rôle du récepteur MC1R :

Le récepteur Mc1r (melanocortin-1 receptor) est un récepteur à sept domaines transmembranaires faisant partie de la famille des récepteurs couplés à des protéines G (Chhajlani et Wikberg, 1992; Mountjoy *et al.*, 1992). 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. Il est sous la dépendance d'un agoniste, l'hormone α -MSH, et d'un antagoniste, la protéine Agouti. La liaison d' α -MSH avec Mc1r provoque la synthèse préférentielle d'eumélanine alors que la fixation d'Agouti est responsable de la synthèse préférentielle de pigments pheoméliques (Figure 8).

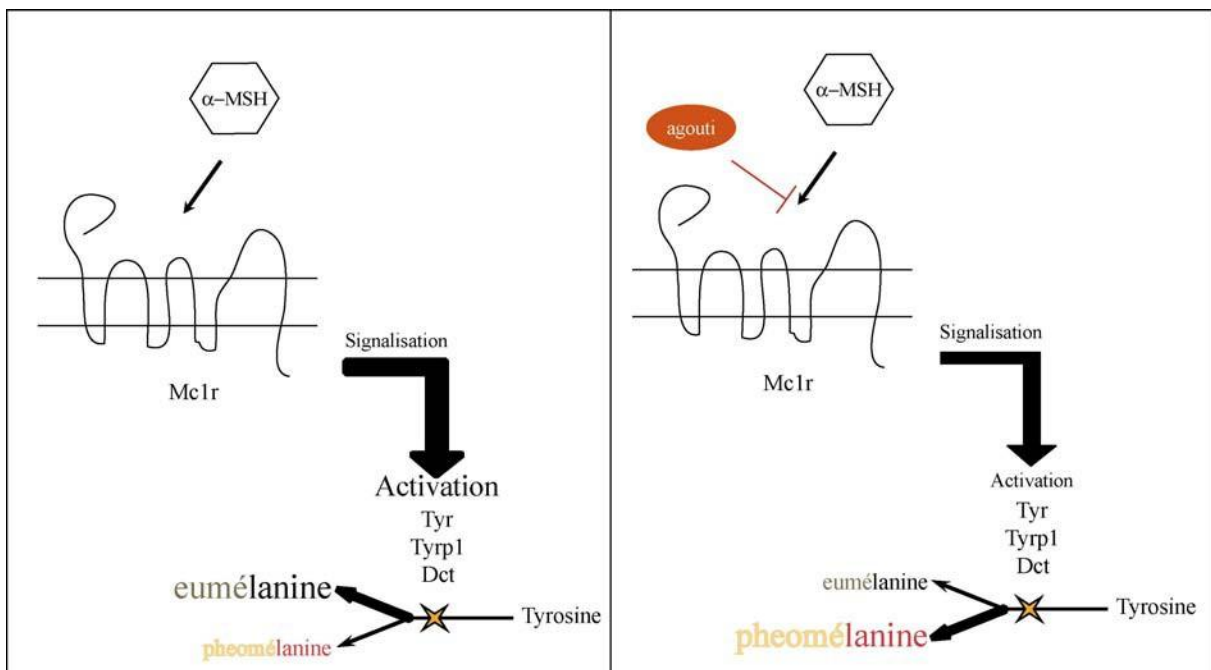


Figure08 : Rôle de Mc1r dans la pigmentation.

1) **LES ROBES**

La robe est la couleur du pelage de la vache. On peut distinguer de nombreuses robes différentes. Ainsi une vache peut être blanche, blonde, froment, brune, rouge, noire, grise, pie rouge, pie noire, pie bleue... et même tricolore comme c'est le cas pour la Normande ! (Figure 9).

Figure 09 : Vache Normande

Il existe deux pigments responsables de la coloration des poils. Il y a d'abord l'eumélanine, qui est un pigment foncé existant sous deux formes. Il est à l'origine du noir et du marron. Enfin, il y a également la phaeomélanine, qui est un pigment clair, responsable pour sa part de la couleur fauve.

L'intensité de la couleur dépend de la concentration du pigment dans le poil. On parle de dilution lorsqu'il y a moins de pigment dans le poil. Ainsi la robe sable est la

même que la fauve, mais diluée. Et lorsqu'il n'y a pas du tout de pigment dans le poil, celui-ci est blanc.

1-1) 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. 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 Camargaises.

Lorsque le pigment est dilué, la robe est dite bleue. En réalité, elle apparaît plutôt grise. Il faut cependant bien faire la distinction entre le bleu issu de la dilution du pigment noir et le gris issu d'un mélange de poils noirs et blancs.

- **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 phaeomélanine. 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... (Figures 10 ,11et 12).



◀ Figure 10 : Fauve rouge (taureau Salers)



◀ Figure11 : Fauve roux (génisse Limousine)



(vache Simmental)

◀Figure12 : Fauve froment, ici panaché

Souvent, les extrémités sont plus claires que le reste du corps : au niveau du mufle, des yeux, des oreilles, du ventre, de la sphère anale, et enfin l'intérieur et l'extrémité des membres. Mais ce n'est pas toujours les cas, alors pour faire la distinction, on dit fauve à extrémités claires ou noires.

Enfin, lorsque le fauve est vraiment dilué, on parlera de la robe sable(Figure 13).



d'Aquitaine)

◀ Figure 13 : Sable (vaches Blondes

- **Blanc**

Lorsqu'il n'y a pas de pigment, le poil est blanc, et donc la robe est blanche. Il ne faut cependant pas confondre une vache réellement blanche, d'une vache fauve extrêmement diluée : "sable ivoire"(Figure 14).



◀ Figure14 : Blanc (vaches Charolaises)

1-2) Les robes composées

Il s'agit des robes charbonnées et des robes bringées. Dans les deux cas, on a une robe de base fauve ou sable, avec des adjonctions de poils noirs (parfois marron).

- **Les charbonniers**

Les charbonniers 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 charbonniers, 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 charbonnier : (très) légèrement, moyennement, (très) fortement charbonné (Figures 15 et 16).



(taureau Jersiais)

◀ Figure 15 : Moyennement charbonné



Jersiaises)

◀ Figure 16 : Légèrement charbonné (vaches

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

Très rarement, les charbonniers 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".

- **Les bringeures**

Ici, 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 permet de distinguer des animaux (très) légèrement, moyennement et (très) fortement bringés (Figures 17,18et 19).



Normande)

◀ Figure 17 : Légèrement bringé (vache



Normande)

◀ Figure 18 : Moyennement bringé (vache



Normande)

◀ Figure 19 : Fortement bringé (vache

Le mufler est "marbré" de taches noires, correspondant aux bringeures de la robe.

Lorsque l'animal est très fortement bringé, il peut apparaître noir au premier abord.

1-3) Les robes modifiées

Ici, on a une robe de base, éventuellement charbonnée ou bringée, qui subit une modification telle que le grisonnement, la bigarrure ou la panachure.

- **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 grise. Lorsque c'est un mélange à base de poils fauves, on dit rouan.

Le gris est souvent abusivement appelé bleu chez les bovins. Mais il ne faut pas confondre gris et bleu (voir plus haut).

- **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.

- **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. Il existe plusieurs de patrons à la base des taches. Bernard DENIS a identifié ces différents patrons :

- La panachure irrégulière (type Prim'holstein) (Figure 20).
- La panachure irrégulière associée avec le maintien d'une pigmentation aux membres et avec la tête blanche (Figure 21).
- L'association "panachure irrégulière + membres colorés + tête blanche" (type Normande) ;
- La série "tête blanche" ;
- La série "coloration latérale de type Pinzgau" ;
- La série "coloration latérale de type Vosgien" (Figure 22).
- La série "ceinture blanche" ;
- La série "dépigmentation latérale de type Bordelais".



(Princesse)

◀ Figure 20 : Panachure irrégulière



blanche (vaches Montbéliardes)

◀ Figure 21 : Panachure irrégulière avec tête



Vosgienne)

◀ Figure 22 : Coloration latérale (vache

D'une manière générale, les robes pie peuvent être mouchetées, à contours nets ou à contours déchiquetés. Chaque vache pie a des taches différentes, même deux vaches jumelles (ou clonées) n'auront pas les mêmes taches. En effet, la répartition des taches n'est pas inscrite sur l'ADN. Elle se fait naturellement lors du développement du fœtus. Les robes pie peuvent varier d'un extrême à un autre ; c'est-à-dire d'une vache presque blanche (avec seulement quelques taches de couleur) à une vache presque entièrement de couleur (avec seulement quelques taches blanches).

1) La coloration de la robe chez le bovin

Depuis des siècles, les couleurs des robes bovines ont fasciné les hommes comme en témoignent les peintures de bovidés sur les parois de la grotte de Lascaux réalisées par nos ancêtres préhistoriques. C'est vers le XVII^{ème} siècle que les sélectionneurs ont commencé à sélectionner les races bovines sur la base de leur couleur de robes plus ou moins uniformes ou tachetées, en tant qu'outil pour l'identification des races bovines.

La coloration des bovins, bien qu'en apparence secondaire du point de vue économique, a toujours passionné le monde des éleveurs. Il suffit, pour s'en convaincre, de constater l'importance qu'on lui attribue dans la vente des animaux, de suivre les jugements de reproducteurs dans les concours, de lire le luxe de détails concernant la pigmentation de la robe et des muqueuses dans les standards des races. Ainsi, une étude sur la coloration peut présenter l'intérêt de donner une description raisonnée des caractères des diverses races. Le choix d'une couleur de robe n'est d'ailleurs pas toujours sans influence sur le rendement économique car, à la lumière de diverses études de bioclimatique animale, il semblerait que certaines couleurs assurent mieux que d'autres une bonne adaptation des bovins à des conditions climatiques particulières (Lauvergne, 1966).

2) Les patrons de coloration

Chez le bovin, il existe une grande diversité de la couleur de la robe (figure 23).



Figure 23 : Quelques patrons de la coloration de la robe chez le bovin.

La couleur des aurochs, l'ancêtre sauvage de la plupart des races de *Bos taurus*, semble être la couleur de référence (standard) la plus appropriée (Olson, 1999) des races bovines contemporaines. Les aurochs étaient essentiellement de couleur rouge/brun à brun/noir. Il y avait une certaine variation de coloration noire entre les parties du corps et, les mâles étaient plus sombres, particulièrement au niveau de la tête, la nuque et la partie postérieure. La différence d'intensité de coloration entre les taureaux et les vaches au sein d'une même race est toujours d'actualité. En effet, pour un patron de coloration donné, les taureaux sont toujours plus pigmentés que les vaches. La plupart des variantes par rapport au type sauvage sont rouges ou noirs uniformes. Les autres types de coloration sont des modifications de proportion des trois couleurs principales : le noir, le brun/noir sauvage et le rouge. Certaines races présentent une robe de couleur non uniforme, on parle alors de panachure. Elle consiste en la présence de taches blanches, avec une répartition et un contour souvent bien définis dans un pelage pigmenté noir (exemple Prim'Holstein), rouge (exemple Montbéliard, Maine-Anjou) ou dans un pelage pigmenté noir/marron et/ou noir/rouge (Normande). Ces tâches blanches sont généralement attribuées à une absence de mélanocyte.

3) Le déterminisme génétique des patrons de coloration chez le bovin

En France, où il existe de nombreuses races, ce travail de collationnement a été entrepris par Quittet (1963) et Lauvergne (1966), ce dernier abordant l'aspect génétique de la coloration dont la connaissance est utile dans la pratique courante de l'élevage. La connaissance du déterminisme héréditaire de la pigmentation serait également précieuse lors du choix des standards de couleurs des robes des races modernes.

L'étude du contrôle génétique de la couleur de la robe des bovins remonte à 100 ans avec l'étude de l'hérédité de la robe chez la race Shorthorn et ses produits de croisement (Barrington et Pearson, 1906). De nombreuses revues relatives au sujet ont depuis été publiées sur le sujet avec notamment celles d'Ibsen (Ibsen, 1933), Lauvergne (1966), Searle (1968) et Olson et Willham (1982). Différents allèles ou combinaison d'allèles, démontrés ou supposés généralement sur la base des données acquises chez différentes espèces en particulier chez la souris, ont été proposés pour rendre compte des variations de coloration entre les races (tableau 1).

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

Tableau 1. Loci génétiques décrits chez le bovin, (Olson, 1999).

3.1) Le locus Extension

Comme chez les autres espèces de mammifères le produit MC1R (récepteur aux mélanocortines 1) de ce locus est responsable à lui seul ou en combinaison avec d'autres allèles des gènes de coloration de la majeure partie des variations observées chez les races bovines. Les trois allèles identifiés à ce locus sont :

- 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

L'allèle E^D (gain de fonction) correspond à une substitution, d'une Thymine par une Cytosine en position 296 de la partie codante du récepteur aux mélanocortines 1 (MC1R), qui produit un changement d'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 les races Prim'Holstein (avec taches blanches) et Angus (sans taches blanches) à titre d'exemple (figure 24). L'allèle e (perte de fonction) se caractérise par la délétion d'une Guanine en position 310 de la partie codante et produit un récepteur tronqué, inactive par décalage du cadre de lecture (Joerg et al. 1996; Klungland et al., 1995). Cet allèle est retrouvé, entre autres, chez les races Limousine, Charolaise, Salers, Blonde d'Aquitaine, Main-Anjou, et Montbéliard.



Figure 24 : Phénotypes des robes des races Holstein, Angus et Aubrac.

Un quatrième allèle $E1$ (Rouzaud et al., 2000) correspond à une insertion de 12 pb en position 669 de la partie codante. Il produit une duplication de quatre acides aminés dans la troisième boucle cytoplasmique du récepteur connue pour interagir avec les protéines G. Cet allèle a été identifié dans les races Gasconne et Aubrac (figure 35). La présence de l'allèle sauvage (E^+) est nécessaire mais pas toujours suffisant pour expliquer les couleurs de robes avec des combinaisons de rouge ou marron/rouge avec du noir. Les données moléculaires obtenues pour ce locus extension permettent de classer les races bovines françaises en deux familles. La série rouge est caractérisée par un génotype e/e avec des robes plutôt pheomélanique, allant du blanc crémeux de la Charolaise à l'acajou foncé de la Salers. La série noire avec des robes plutôt eumélanique et comportant des proportions variables de noir est le résultat de l'expression des allèles E , E^D et $E1$.

3.2) Le locus AGOUTI

Plusieurs auteurs ont émis l'hypothèse que des mutations au locus Agouti seraient présentes chez le bovin (Adalsteinsson et al., 1995; Lauvergne, 1966; Searle, 1968; Olson et Willham, 1982). Cependant, la plupart de ces allèles ont été nommés en fonction des allèles connus chez d'autres espèces ayant un phénotype similaire à certaines races bovines. Par ailleurs, la nature et le rôle de tels mutants restent largement incompris. Le ventre plus clair de la Limousine et de la Jersey serait dû à un allèle a^i et les modifications du phénotype sauvage observé chez la Brown Swiss, la Brahman et la Chianina serait dues à un autre allèle (a^w). Adalsteinsson et ses collaborateurs (Adalsteinsson et al., 1995) ont présenté des éléments en faveur d'un allèle noir récessif (a), qui, à l'état homozygote, modifie le phénotype sauvage en un noir uniforme. L'allèle sauvage A permet l'expression de la combinaison de pigmentation rouge et noire du phénotype sauvage. L'homozygotie a/a n'a pas d'effet sur les animaux qui ont un génotype e/e ou $E^D/-$. Des allèles d'Agouti ayant les mêmes effets sont présents chez les souris, les chiens et les chevaux (Hustad et al., 1995; Rieder et al., 2001; Sato et al., 2005). La race étudiée par Adalsteinsson et ses collaborateurs (1995) est la race Islandaise et il y a à ce jour peu de preuves montrant que l'allèle a existe également chez d'autres races, d'autant plus que même chez l'Islandaise, cet allèle est peu fréquent.

3.3) Le locus Bringé (Brindle)

Pour expliquer le phénotype bringé des races Normande et Texas Longhorn, un allèle Br a été proposé. Le phénotype bringé 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. Le fond coloré entre les bandes noires peut varier du rouge clair au marron foncé. Celui-ci serait hypostatique sur les allèles E^D et e . En effet, le gène Bringé ne peut pas modifier le phénotype en présence du génotype e/e , qui empêche la formation de pigments noirs, ni en présence du génotype $E^D/-$ qui ne produit que du noir. L'expression de la bringeure n'est possible qu'en présence du génotype E^+/E^+ . Une hypothèse sur la variation de quantité de bringeure a été proposée par Olson (1999). Les régions bringées sont celles qui auraient été marron foncées ou noires si l'allèle B^r n'était pas présent, c'est-à-dire celles qui sont le plus influencées par l'action de α -MSH. Autrement dit, la bringeure serait une modification du patron de coloration produit par l' α -MSH et le locus E^+ .

3.4) Le locus Albino

Les cas d'albinisme semblent rares chez les bovins. L'animal albinos présente une dépigmentation totale à la fois au niveau de la peau, le pelage et les yeux. Les mutants au locus Albino (c/c) correspondant à des mutations affectant la Tyrosinase, ne sont jamais conservés ni utilisés en reproduction en raison de leur grande sensibilité à la lumière (absence de pigments protecteurs dans la rétine) et surtout ce genre d'individus déroge au standard des races. Schmutz et al. (Schmutz et al., 2004), ont décrit l'insertion d'une cytosine dans le gène de la tyrosinase engendrant l'apparition d'un codon stop prématuré chez un veau de race Brune (figure 25) et qui est responsable de son phénotype albinos.



Figure 25 : Veau albinos de race Brune

3.5) Le locus Dun

La mutation de ce locus ressemble aux mutants Chinchilla, observés dans d'autres espèces. Les mutants Dun sont dépourvus de pigments rouges et leurs extrémités sont noires. Cet allèle hypothétique aurait donc un effet sur la coloration rouge, mais ne modifierait pas la coloration noire/brune des animaux porteurs.

3.6) 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). Ainsi la matrice mélanosomale n'est pas fonctionnelle et par conséquent, la synthèse correcte des mélanines par les enzymes de la famille Tyrosinase (Tyr, Tyrp1, Dct) n'a pas lieu.

4) Les mutations white-spotting

Le white-spotting ou piebaldisme (Jackson, 1994) correspond à des zones blanches (dépigmentées), de tailles et de formes variables, combinées à la présence de zones pigmentées. Ce phénotype est certainement le plus caractéristique de certaines races bovines telles que la Prim'Holstein, la Montbéliarde, la Hereford, la Normande, la Maine-Anjou et bien d'autres races de phénotype pie. Cependant, ce terme générique de white-spotting recouvre plusieurs situations génotypiques qui s'expliquent grâce à plusieurs allèles au locus Spotting. Au moins trois mutations du locus Spotting sont supposées en plus de l'allèle sauvage S^+ (tableau 1). L'allèle S^H responsable du patron de coloration de la Hereford entièrement colorée sauf au niveau de la face, la queue et les pattes (figure 26), S^P pour le patron de la race Pinzgauer qui est coloré sur les flancs mais pas au niveau de la colonne vertébrale ni sur le ventre et, enfin, l'allèle récessif s , présent par exemple chez la Prim'Holstein. Il est responsable d'un phénotype pie très irrégulier et en proportion variable.



Figure 26 : Race Hereford porteuse de l'allèle S^H .

4-1) Les mutants Blaze (Blason)

Un autre type de white-spotting a été supposé pour expliquer les taches blanches que l'on observe sur la face d'animaux Simmental et Prim'Holstein. Ce locus a été dénommé *Blaze* (Olson, 1999).

4-2) Les mutants Roan

Le profil de coloration Roan, caractéristique des races Shorthorn et Blanc bleu belge, correspond à un mélange de poils blancs et colorés, sur au moins une partie du corps de l'animal hétérozygote (R/r^+) pour ce locus. Les homozygotes pour ce locus sont blancs (R/R) à l'exception des poils sur les oreilles, ou colorés (r^+/r^+) mais ne présentent pas le mélange de poils des deux types. Ainsi le caractère Roan est le résultat de l'effet de codominance entre l'allèle (R) exprimant le blanc et l'allèle (r^+) exprimant la couleur. Des études de croisements ont montré que les deux loci *Roan* et *Extension* sont indépendants et leurs localisations chromosomiques respectives sont sur les chromosomes 5 et 18 (Klungland et al., 1995 ; Charlier et al., 1996). Par conséquent, le caractère Roan peut apparaître sur des animaux rouges et noirs, ce qui a déjà été observé.

4-3) Les mutants Colour-sided (flanc coloré)

Le profil de couleur colour-sided (flanc-coloré) présent chez les races Texas Longhorn, Florida Cracker et d'autres races bovines est dû à un gène symbolisé par Cs (Wriedt, 1925). Ce même caractère a déjà été observé chez les yaks. L'expression de Cs est partiellement dominante, et persiste chez les bovins Cracker Florida, qui pendant de nombreuses générations ont été croisés avec des races non tachetées. Les hétérozygotes, partagent une bande blanche irrégulière sur les parties dorsales et ventrales de l'animal, avec des régions mimant Roan tout le long des bords et un patron Roan ou de taches blanches sur la tête. Les patrons de taches observés chez des animaux hétérozygotes pour cet allèle (Cs) diffèrent de ceux produits par S^P . En effet les taches du premier (Cs) présentent des contours irréguliers de type Roan, contrairement aux taches (S^P), qui présentent des contours bien définis. En général, les homozygotes pour Cs expriment le profil « White Park » qui tend vers une couleur blanche solide mais la pigmentation est présente sur les oreilles le museau et souvent au dessus des pattes (Olson, 1999).

4-4) Les mutants Belted

Il existe des mutants pour le gène *Bt*, qui présentent une ceinture blanche sur la partie médiane du corps, typique des races Dutch Belted des états unis et Belted Galloway de l'Ecosse (Figure 27). Ce caractère est dominant et les descendants issus de croisement, Belted x Holstein (s/s), présentent ce phénotype Belted. Comme c'est le cas de l'ensemble des patrons de spotting, des facteurs modificateurs sont responsables de la largeur et de l'uniformité de cette ceinture. De même, ce caractère est observé chez le porc et une région de liaison a été localisée au centromère du chromosome 8 dans cette espèce (Giuffra et *al.*, 1999). Le gène candidat proposé est *Kit*. Cependant, aucune mutation n'a été décrite jusqu'à présent.



Figure 27 : un taureau de race Dutch Belted.

4.5) Les mutants Brockling

Le locus Brockling, *Bc*, est impliqué dans la pigmentation de régions destinées à être blanches en l'absence de l'effet de ce gène (Olson, 1975). Le cas le plus commun de ce phénotype, est observé dans les croisements Hereford x Angus, où les descendants héritant un allèle (*Bc*) d'Angus présentent des taches pigmentées sur la face. Ces animaux possédant un allèle S^H , de Hereford sont sensés avoir une face entièrement blanche, ce qui montre une interaction de l'allèle (*Bc*) avec l'allèle S^H . Les animaux *s/s*, possèdent des pattes blanches, sauf en présence de l'allèle (*Bc*), les pattes sont pigmentées à un degré variable (Par ex : race Ayrshire). Le croisement Hereford (S^H) avec des animaux porteurs de l'allèle (*Bc*), donne lieu à des descendants présentant un profil de pigmentation autour des yeux. Un effet protecteur du cancer des yeux, apporté par ce profil, a été montré (Anderson, 1991)

1) Milieu d'Etude : Monographie

Mostaganem est située à 104 mètres d'altitude sur le bord d'un plateau côtier. La ville contemple à l'ouest la large baie d'Arzew que termine le djebel Orousse.

La ville est assise sur les rives de l'Ain Sefra, elle a eu à redouter les crues à plusieurs reprises et notamment en 1927, Elle se compose d'une ville neuve, très étendue, et d'une vieille ville, plus compacte, accrochées de part et d'autre sur un profond ravin creusé par Ain sefra . La localité est située au débouché des plaines du Chélif et de la Macta.

Le relief de la wilaya de Mostaganem se divise en quatre unités morphologiques appartenant à deux régions distinctes, le plateau de Mostaganem et les monts du Dahra :

- Les vallées basses de l'Ouest englobent les communes de Hassi Mameche, Mazagran, Stidia, Ain Nouissy, El Hassiane et Fornaka.
- Les monts du Dahra englobent les communes de Sidi Belattar, Oued El Kheir, Sidi Ali, Ouled Maallah, Tazgait, Nekmaria, Kheierddine, Ain Boudinar et Safsaf.
- Le plateau de Mostaganem englobe les communes de Mostaganem, Ain Tedles, Sour, Bouguirat, Sirat, Souafia, 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.

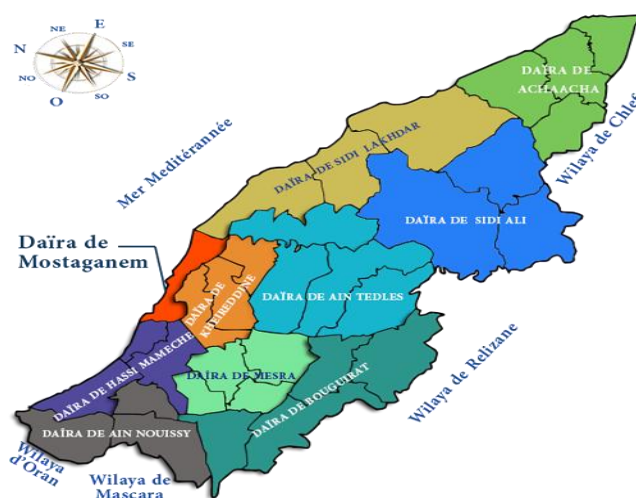


Figure28: découpage de la Wilaya de Mostaganem

2) Situation géographique :

Mostaganem est la 27^{ème} wilaya dans l'administration territoriale Algérienne. Elle se trouve au Nord-Ouest de l'Algérie sur la méditerranée à 350Km à l'ouest d'Alger et 80 Km à l'est d'Oran. Les wilayas limitrophes sont :

- A l'Est la wilaya de Chlef
- Au Sud-Est la wilaya de Relizane
- A l'Ouest la wilaya d'Oran
- Au Sud-Ouest la wilaya de Mascara
- Au Sud les wilayas de Mascara et de Relizane
- au Nord par la mer méditerranée

La wilaya de Mostaganem compte plus de 800 000 habitants, elle se compose de 32 communes réparties sur 10 Daïras.

3) Climat

La wilaya de Mostaganem se caractérise par un climat appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride à hiver doux avec une pluviométrie qui varie entre 350mm sur le plateau et 400mm sur les piémonts du Dahra.

4) L'agriculture dans la wilaya de Mostaganem :

La vocation principale de la wilaya de Mostaganem est l'agriculture qui occupe une place importante dans la vie économique

- ✓ La production végétale est très diversifiée et comprend les céréales, les fourrages, le maraichage, les légumes secs, l'arboriculture fruitière et la viticulture.
- ✓ la production animale quant à elle s'articule essentiellement sur l'élevage bovin laitier (5612 têtes), l'élevage ovin et l'aviculture.

La superficie agricole totale est de 177310 hectares et représente 78 % de la superficie totale de la wilaya qui est de 226900 Ha.

La superficie agricole utile est de 132268 ha soit 75% de la superficie agricole totale.

La superficie irriguée est de 35030 ha soit 26.5% de la superficie agricole utile.

La wilaya est constituée essentiellement de zones rurales

La superficie forestière quant à elle est de 30767 ha soit 13.56% de la superficie totale de la wilaya. Les forêts sont surtout constitués d'espèces végétales méditerranéennes avec la prédominance du pin d'Alep.

5) Site d'étude :

Notre étude s'est déroulée à 21km du chef lieu de la wilaya de Mostaganem dans la ferme de Mr DOUBI BOUNOUA Djilali membre de l'exploitation agricole collective (Si Aouadi n°03) sise au Douar Elhrarta dans la commune de ain nouissy. La superficie de l'exploitation est de 63 hectares répartie comme suit:

Arboriculture: 35ha

Cultures fourragère irriguée: 13 ha

Cultures maraîchère: 14 ha



Figure29: situation géographique de la ferme (image prunier par satellite)

1) Matériel et Méthodes

1-1) 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 qui été réalisé à l'œil nu et par la photographie.

2) Matériel expérimental:

2-1) Matériel animal :

L'étude est portée sur un effectif total de 120 têtes bovines comprenant 2 races :

- 80 Holstein (race allemande)



Figure 30: Vache de race Holstein avec sont veau

- 40 Montbéliarde (race française)



Figure 31: Vache de race Montbéliarde

NB: 80 Vaches sont en lactation et produisent environ 1800l/j ce qui nous donne une moyenne de 20 à 25 litre/vache

2.2) La conduite des troupeaux :

2-2-1) Rationnement :

Les rations administrées sont fonction du poids et de la production de chaque animal.

2-2-2) La reproduction:

Le mode de lutte est libre, la reproduction est assurée par 04 males de la race montbéliarde présents en permanence dans le troupeau.

2-2-3) La prophylaxie :

La prophylaxie est parfaitement maîtrisée.

3) Matériel utilisé

3.1) Collecte des informations :

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

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

- Carnets de naissance et de mortalité
- Planning d'étable.
- Un appareil numérique pour la numérisation des photos

3.2) Démarches méthodologique:

- ❖ La détermination des fréquences génotypiques et des fréquences alléliques.

NB : sur l'échantillonnage d'individus effectué, l'observation a concerné les phénotypes et non les génotypes ; pour cela un lien doit être établi entre phénotype observe et le génotype de l'individu en faisant :

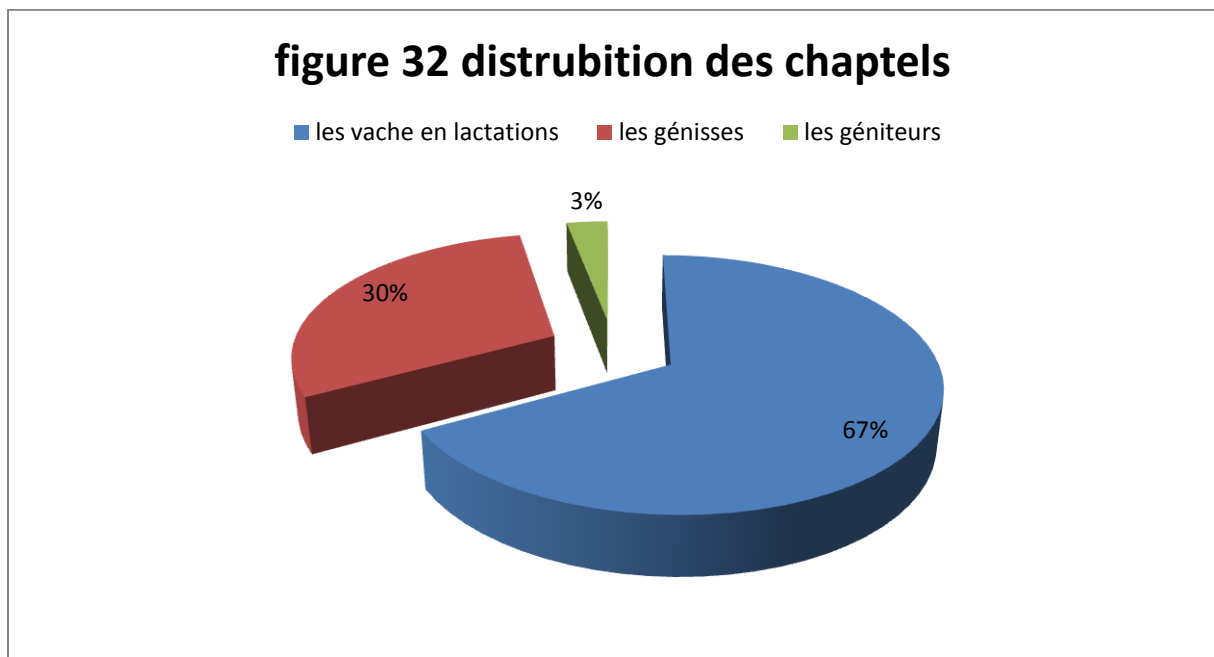
- ❖ Etude de l'hérédité de la couleur de la robe dans le cheptel par la consultation des carnets de naissance et la constatation du phénotype des parents et de leurs descendance.

Résultats et discussions :**1) La distribution des effectifs dans le cheptel**

Nombre d'effectif	Holstein	Montbéliarde
Pie noir	49	/
Pie rouge	31	40
Vaches en lactation	80	
Génisses et taurillon	36	
Les géniteurs	/	04
Totale	120	

Tableau 03: distribution des effectifs dans le cheptel

D'après le tableau nous remarquons que les couleurs rouge et noire de la robe sont les plus fréquentes dans le cheptel.



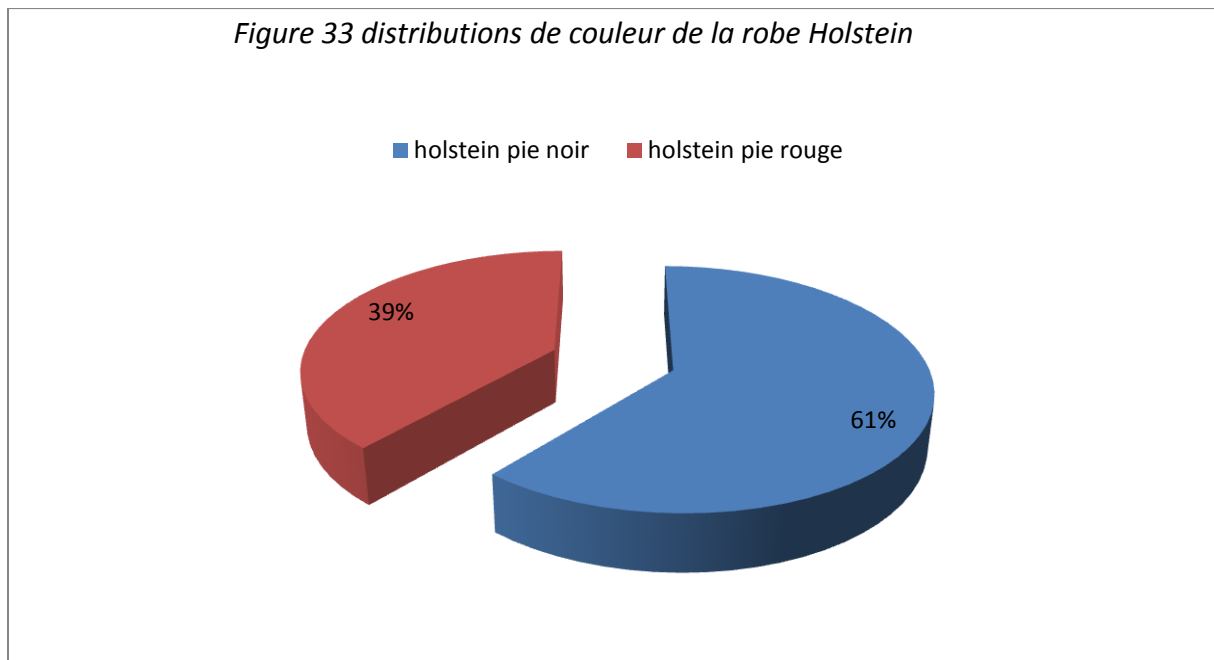
- D'après le dénombrement des effectifs selon l'âge on constate que le nombre de vaches en lactation est supérieur à celui des génisses, taurillons et géniteurs :
- ❖ Vache en lactation 67%
 - ❖ Les génisses et taurillon 30%
 - ❖ Les géniteurs 03 %

IL ressort en outre du tableau que la couleur rouge et noire de la robe est la plus fréquente.

-La couleur dominante de la robe des vaches Holstein est :

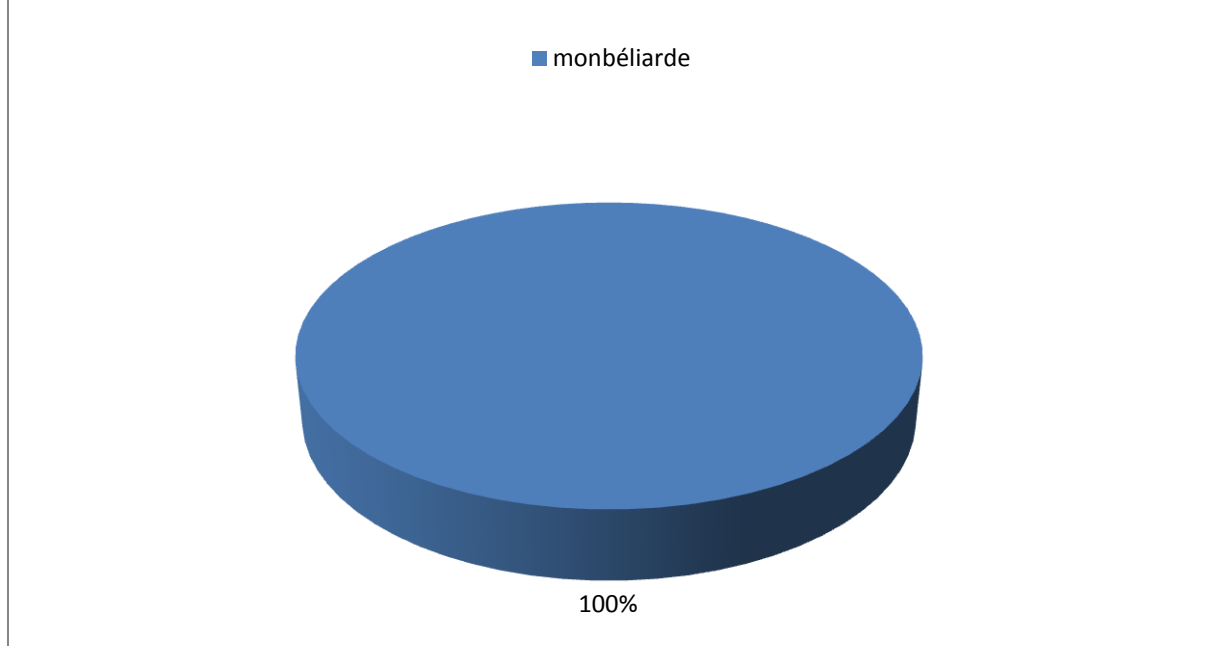
- ✓ « Pie noir » = 61.25 %
- ✓ « Pie rouge » = 38.75 %

Figure 33 distributions de couleur de la robe Holstein



- La couleur dominante de la robe des vaches Montbéliarde est la « pie rouge »=100%.

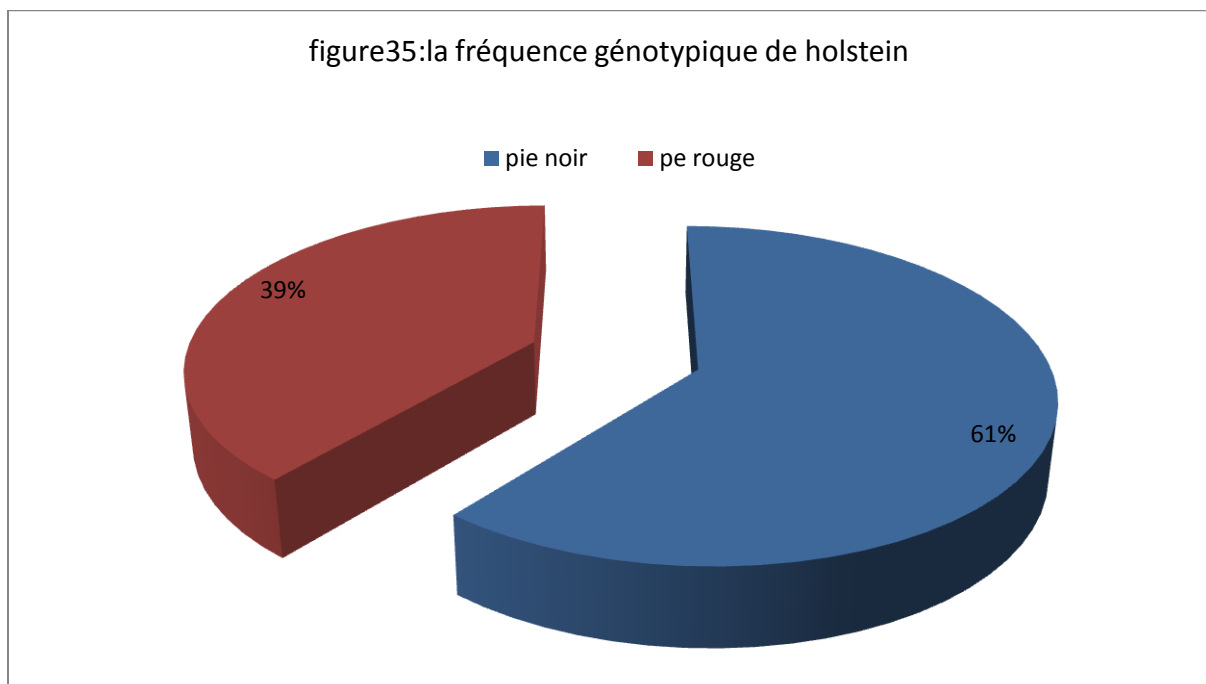
Figure 34 distributions de couleur de la robe Montbéliarde



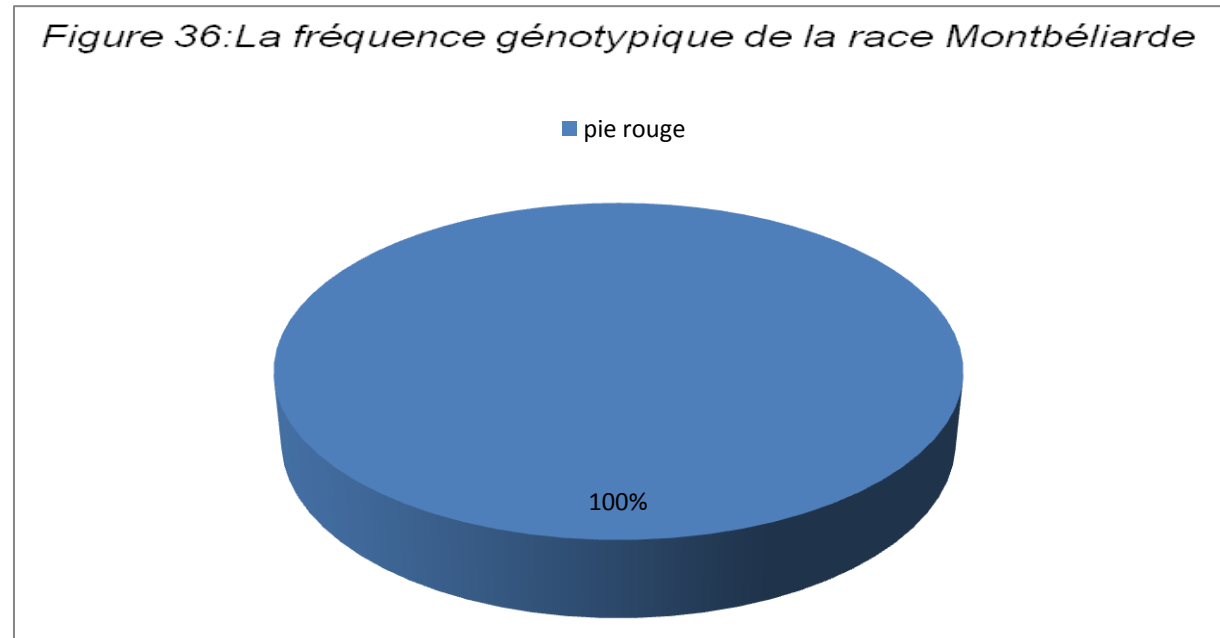
2) Fréquences génotypiques :

2-1) Fréquences génotypiques de la Holstein :

- ✓ «Pie noir » = 0,61 61%
- ✓ « Pie rouge »=0,39 39%



2.2) Fréquences génotypiques de la Montbéliarde : sont de 100% « pie rouge ».



La couleur dominante de la race Montbéliarde est la « pie rouge » 100% par contre chez la Holstein c'est la « pie noir » qui représente 61 % de l'effectif alors que la part de la « pie rouge » n'est que de 39 %,

3) Fréquences alléliques :

3-1) Hypothèse :

Nous partons avec l'hypothèse que le phénotype = génotype

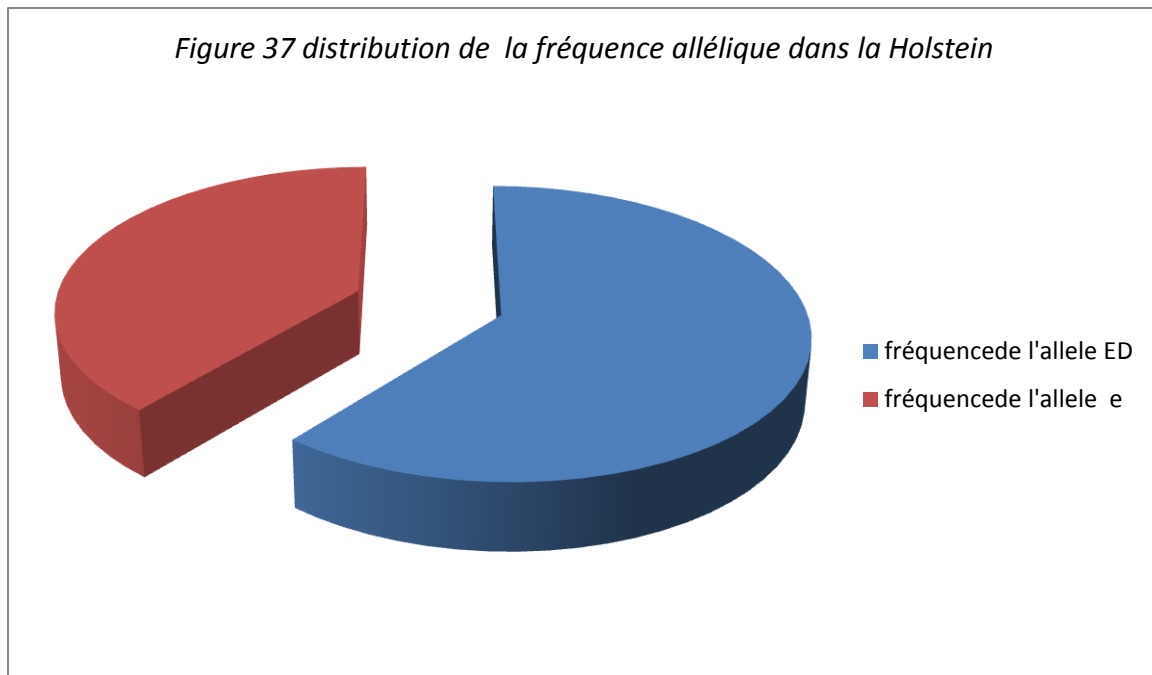
Le génotype de la pie noir est $E^D E^D$

Le génotype de la pie rouge est : ee

3.2) Fréquences alléliques de la Holstein :

Fréquence de l'allèle $E^D=0.61$

Fréquence de l'allèle $e =0.39$



Au vu des résultats et du graphe nous constatons que:

$E^D = 61\%$

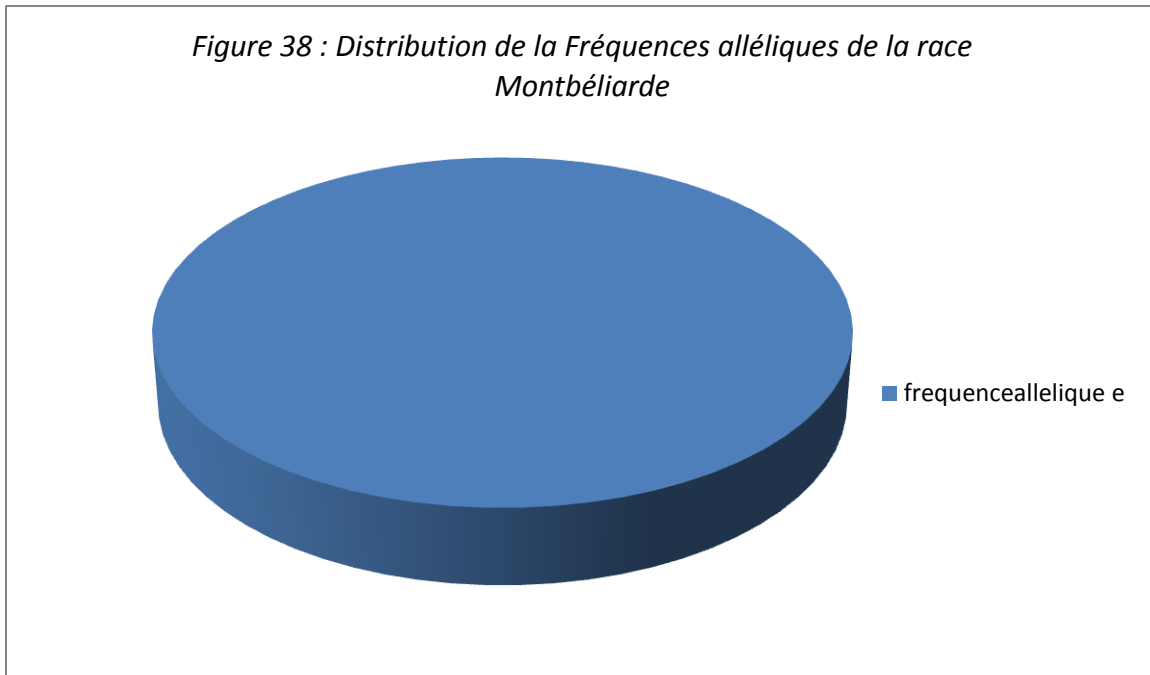
$e = 39\%$

Il ya une dominance de l'allèle E^D sur l'allèle e

3.3) Fréquences alléliques de la Montbéliarde

Fréquences de l'allèle $e = 1$

Figure 38 : Distribution de la Fréquences alléliques de la race Montbéliarde



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)

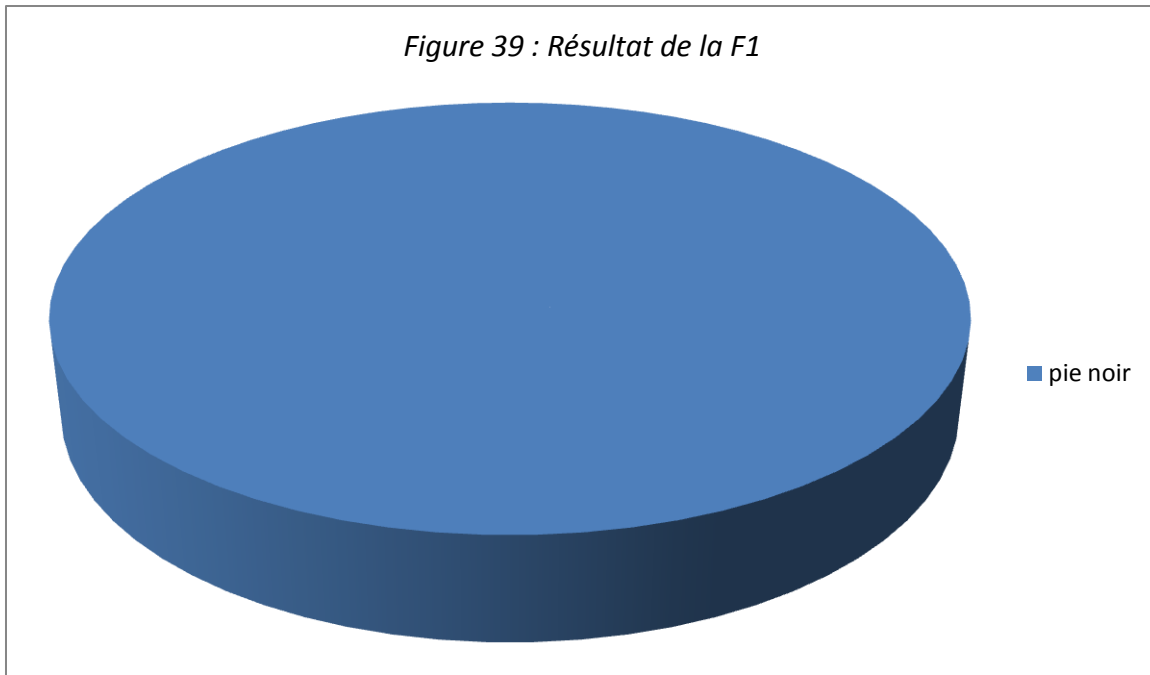
Le rapport de dominance de ces allèles est $E^D E^+ e$

4.1) Cas du monohybridisme :

En partant de 2 parents homozygotes

	Vache pie noir	X	taureau pie rouge
Génotypes	$E^D E^D$		$e e$
Gametes	$E^D (1)$	↓	$e(1)$
F1 génotypes		$E^D e$	
Phénotypes		100% des F1 sont pie noir	

Figure 39 : Résultat de la F1



- 100% des F1 sont de même génotype et de même phénotype
- Les effets de l'allèle E^D masquent complètement les effets de l'allèle e
- L'allèle E^D est dominant, l'autre est récessif.

L'effet de chacun des gènes est important dans l'expression des caractères. On parle de gènes à effet majeur.

4.2) Hérité de F2 :

On obtient :

		$\text{♂} : E^D e$	
	<i>Gamètes</i>	E^D	e
$\text{♀} : E^D e$	E^D	$E^D E^D$	$E^D e$
	e	$E^D e$	$e e$

Génotype :

1/4 homozygotes $E^D E^D$

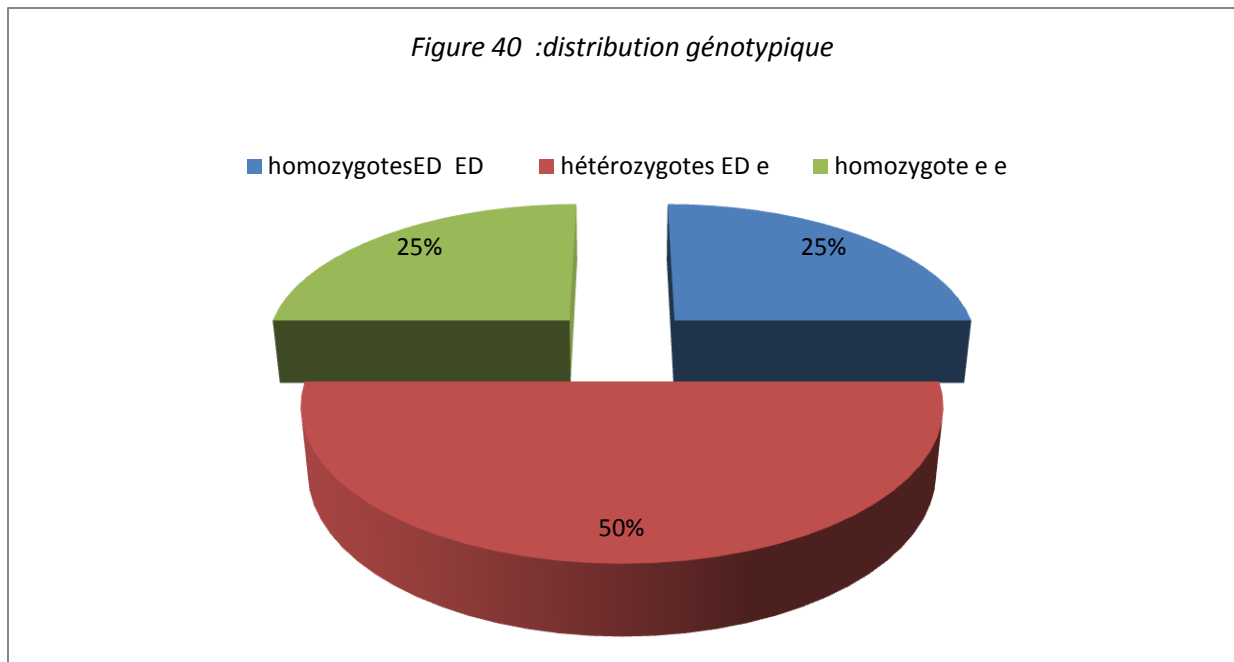
1/2 hétérozygotes $E^D e$

1/4 homozygote $e e$

Phénotype :

3/4 d'individus « pie noir »

1/4 d'individus « pie rouge »



Lorsque l'allèle 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.

- ✓ On a la naissance d'un veau de couleur pie-rouge de parents pie- noire de génotype hétérozygote $E^D e$.

Au cours de notre stage on a distingué la différence entre les bovins Holstein pie rouge et les bovins de type pie rouge Montbéliarde :

- Les premiers ont une robe pie rouge avec une face colorée (Figure 41).
- Les seconds ont une robe pie rouge avec une face blanche (Figure 42).



Figure 41 : vaches Holstein caractérisée par sa face colorée



Figure 42 : Vache montbéliarde caractérisée par sa face blanche

Etude de l'hérédité (issu l'accouplement pie noir X pie rouge) nous a permis de faire la distinction entre un bovin pie noir pur et un bovin pie noir croisé par la couleur de la face. Quand celle –ci est blanche, l'animal est croisé colorée (Figure 43) mais quand elle est colorée, alors l'animal est de type pie noir pur (Figure 44).

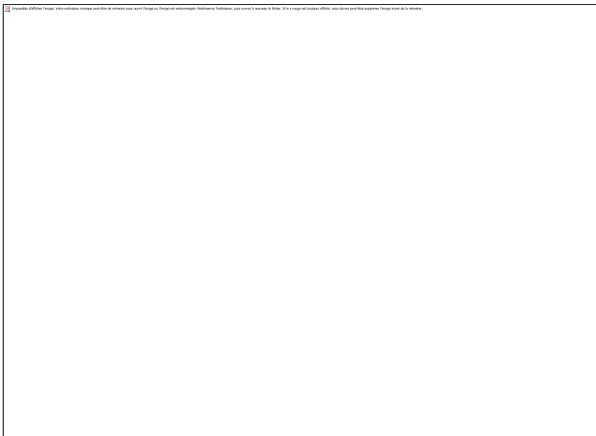


Figure 43 : animal pie noir croisé d'un couleur blanche de la face.



Figure 44 : animal pie noir pure d'un couleur colorée de la face.

Conclusion

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.

Le phénotype de la robe des bovins, spécifié dans le Herd-Book de chaque race, 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.

Sur la base de ce qui précède, le croisement entre un taureau de type Pie-Rouge Montbéliarde et une vache de type Pie-Noir Holstein, donne naissance à un veau dont la robe est de couleur pie-noire, car le noir domine le rouge, mais avec une face blanche, car la face blanche domine la face colorée.

Ainsi, 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.

Références Bibliographiques

- Adalsteinsson, S., Bjarnadotir, S., Vage, D.I., and Jonmundsson, J.V. (1995). Brown coat color in Icelandic cattle produced by the loci Extension and Agouti. *J Hered* 86, 395-398.
- Anderson, D.E. (1991). Genetic study of eye cancer in cattle. *J.Hered* 82, 21-26.
- Animal Diversity Web University of Michigan Museum of Zoology University of Michigan. Barrington, A. and K. Pearson (1906). On the inheritance of coat color in cattle. I. Shorthorn crosses and pure Shorthorn. *Biometrika* 4: 427-437.
- 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.
- Aubin-Houzelstein, G.F. Bernex, C Elbaz and J.J Panthier (1998). Survival of patchwork melanoblasts is dependent upon their number in the hair follicle at the end of embryogenesis. *Dev Biol* 198(2): 266-76.
- Berzelius, J.J (1840). *Lehrbuch Chem* 9: 522.
Bibliographia genetica 20, 1-168.
- Caryologia: International Journal of Cytology, Cytosystematics and cytogenetic.
- Charlier, C., Denys, B., Belanche, J.I., Coppieters, W., Grobet, L., Mni, M., Womack, J., Hanset, R., and Georges, M. (1996). Microsatellite mapping of the bovine roan locus: a major determinant of white heifer disease. *Mamm Genome* 7, 138-142.
- Chhajlani, V., and Wikberg, J.E (1992). Molecular cloning and expression of the human melanocyte stimulating hormone receptor cDNA. *FEBS Lett* 309, 417-420.
- Connaissances et relations particulières avec l'animal développées dans la tauromachie [archive] (par Jean-Pierre Digard).
- De Matteis, M.A., and Morrow, J.S. (2000). Spectrin tethers and mesh in the biosynthetic pathway. *J Cell Sci* 113 (Pt 13), 2331-2343.
- Giuffra, E., Evans, G., Tornsten, A., Wales, R., Day, A., Looft, H., Plastow, G., and Andersson, L.(1999). The Belt mutation in pigs is an allele at the Dominant white (I/KIT) locus. *Mamm genome* 10, 1132-1136.
- Godi, A., Santone, I., Pertile, P., Devarajan, P., Stabach, P.R., Morrow, J.S., Di Tullio, G., Polishchuk, R., Petrucci, T.C., Luini, A., and De Matteis, M.A.(1998). ADP ribosylation factor regulates spectrin binding to the Golgi complex. *Proc Natl Acad Sci USA* 95, 8607-8612.

- Hearing, V.J and K. Tsukamoto (1991). Enzymatic control of pigmentation in mammals
Faseb J 5 (14): 2902-9.
- Hearing, V.J and K. Tsukamoto, K. Urabe, K. Kameyama, P.M. Montague and I. J.
Jackson (1992). Functional properties of cloned melanogenic proteins. Pigment
Cell Res 5(5 Pt 2): 264-70.
- Hearing, V.J. (2007). Regulating melanosome transfer: who's driving the bus? Pigment
Cell Res 20, 334-335.
- Hirobe, T., and Ootaka, H. (2007d). Interleukin – 1 alpha stimulates the
differentiation of melanocytes but inhibits the proliferation of melanoblasts from
neonatal mouse epidermis Zoolog Sci 24, 959-970.
- Hirobe, T., and Abe, H. (2007a). Excess tyrosine restores the morphology and
maturation of melanosomes affected by the murine slaty mutation. Zoolog Sci
24, 338-345.
- Hirobe, T., and Abe, H. (2007b). Changes of melanosome morphology associated with
the differentiation of epidermal melanocytes in slaty mice. Anat Rec (Hoboken)
290, 981-993.
- Hirobe, T., and Abe, H., Wakamatsu, K., Ito, S., Kawa, Y., Soma, Y., and Mizoguchi,
M. (2007c). Excess tyrosine rescues the reduced activity of proliferation and
differentiation of cultured recessive yellow melanocytes derived from neonatal
mouse epidermis. Eur J Cell Biol 86, 315-330.
- History of The Kerry Cow Breed.
- Ibsen, H.L. (1933). Cattle inheritance. I.Colour. Genetics 18: 441-480.
- Jackson, I.J (1994). Molecular and developmental genetics of mouse coat color. Annu
Rev Genet 28: 189-217.
- 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).
- Jimbow, K., M. Takahashi, S. Sato and A. Kukita (1971). Ultrastructural and
cytochemical studies of melanogenesis in melanocytes of human hair matrix. J
Electron Microsc (Tokyo) 20(2): 87-92.
- Joerg, H., Fries, H.R., Meijerink, E., and Stranzinger, G.F. (1996). Red coat color in
Holstein cattle is associated with a deletion in the MSHR gene. Mamm Genome
7, 317-318.

- 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.
- Kural, C., Serpinskaya, A.S., Chou, Y.H., Goldman, R.D., Gelfand, V.I., and Sevin, P.R. (2007). Tracking melanosomes inside a cell to study molecular motors and their interaction. *Proc Natl Acad Sci USA* 104, 5378-5382.
- LAROUSSE AGRICOLE, 2002. Les animaux du monde.
- Lauvergne, J.J. (1966). Génétique de la couleur de pelage des bovins domestiques.
- LAUVIE, A., 2007. Gérer les populations animales locales à petits effectifs : approche de la diversité des dispositifs mis en œuvre. Thèse Doc. Agro. Paris Tech.
- Majeskie, J. L. (1970). Characteristics and inheritance of certain coat colours and patterns in cattle. PhD thesis, Kansas state university, Manhattan, Kansas.
- Marks, M. S. and M. C. Seabra (2001). The melanosome: membrane dynamics in black and white. *Nat Rev Mol Cell Biol* 2, 738-748.
- Montjoy, K.G., Robbins, L.S., Mortrud, M.T., and Cone, R.D. (1992). The Cloning of a family of genes that encode the melanocortin receptors. *Science* 257, 1248-1251.
- 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, T. A. (1975). An analysis of the inheritance of coat colour in cattle. MS thesis, Iowa State University, Ames.
- Olson, T. A. (1980). Choice of a wild-type standard in colour genetics of domestic cattle. *J. Hered.* 71: 442-444.
- Olson, T. A. a. W., R.L. (1982). Inheritance of coat colour in cattle. Iowa State University and Agricultural Experiment Station Bulletin 595.
- Quittet, E. (1963). Races bovines françaises. Paris, La Maison Rustique.
- Renieri, C., Ceccarelli, P., Gargiulo, A. M., Lauvergne, J. J., and Monacelli, G. (1993). Chemical and electron microscopic studies of cattle (*Bos taurus*) with four types of phenotypic pigmentation. *Pigment Cell Res* 6, 165-170.

- Robbins, L. S., Nadeau, J. H., Johnson, K. R., Kelly, M. A., Roselli-Rehfuss, L., Baack, E., Mountjoy, K. G., and Cone, R. D. (1993). Pigmentation phenotypes of variant extension locus alleles result from point mutations that alter MSH receptor function. *Cell* 72, 827-834.
- 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.
- Schmutz, S. M., Berryere, T. G., Ciobanu, D. C., Mileham, A. J., Schmitz, B. H., and Fredholm, M. (2004). A form of albinism in cattle is caused by a tyrosinase frameshift mutation. *Mamm Genome* 15, 62-67.
- Scott, G., and Zhao, Q. (2001b). Rab3a and SNARE proteins: potential regulators of melanosome movement. *J Invest Dermatol* 116, 296-304
- Scott, G., Deng, A., Rodriguez-Burford, C., Seiberg, M., Han, R., Babiarz, L., Grizzle, W., Bell, W., and Pentland, A. (2001a). 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., and Madden, B. C. (2002). Filopodia are conduits for melanosome transfer to keratinocytes. *J Cell Sci* 115, 1441-1451.
- 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.
- Searle, A. G. (1968). Comparative genetics of coat colour in mammals. London, Logos Press.
- Silvers, W. (1979). The Coat Colors of Mice. New York, Springer-Verlag.
- Thèse génétique de la coloration de la robe chez les bovins ; contribution a l'étude du rôle des gène de la famille tyrosinase. (Présentée et soutenue publiquement par Sylvian GUIBERT le 02/07/2004).

Thèse Hérité de la couleur de la robe chez les bovins.(Présentée et soutenue par Youcef BOUCHIBA le 22/06/2015).

Thèse pigmentation de la peau chez les bovin ; Etude de la polymorphisme et de l'expression du gène par -2 (Présentée et soutenue publiquement par Abdul waheed NISMANI le 30/10/2008).

Thèse, coloration de la robe chez les bovin étude fonctionnelle de l'allèle (si)du gène SILVER/PMEL17chez les race charolaise (présentée et soutenue publiquement par Almine ABDOLAYE SEYBOU le 16/05/2013).

Thèse, coloration de la robe chez les bovin, étude fonctionnelle des allèles du gène *silver/pmel17* bovin et contribution a identification de gène impliqués dans le changement post-natale de la coloration chez la race Gasconne.(Présentée et soutenue publiquement par Amro KABBARA le 29/10/2008).

www.princesse-lavache.com

www.wikipédia.com

☆_☆_☆_☆_☆_☆ Annexes ☆_☆_☆_☆_☆_☆

1) La distribution des effectifs dans le cheptel :

<i>Nombre d'effectif</i>	<i>Holstein</i>	<i>Montbéliarde</i>
<i>Pie noir</i>	49	
<i>Pie rouge</i>	31	40
<i>Vaches en lactation</i>	80	
<i>Génisses et taurillon</i>	36	
<i>Les géniteurs</i>		04
<i>Totale</i>	120	

2) les équations et les formulaires utilisée pour les analyse des résultats obtenues :

2-1) La couleur dominante de la robe des vaches Holstein est :

- $pie\ noir = \frac{Nombre\ du\ vaches\ holstein\ pie\ noir}{Nombre\ des\ vaches\ holstein\ totale}$
- $pie\ rouge = \frac{Nombre\ du\ vaches\ holstein\ pie\ rouge}{Nombre\ des\ vaches\ holstein\ totale}$

2-2) La couleur dominante de la robe des vaches Montbéliard :est la « pie rouge »=100%

3)Fréquence génotypique :

$$Fréquence\ génotypique = \frac{Nombre\ d'individus\ porteur\ du\ génotype\ étudié}{Nombre\ totale\ d'individus\ de\ la\ population}$$

3-1) Fréquences génotypiques de la Holstein :

➤ Pie noir = $\frac{49}{80} = 0,61$ 61%

➤ Pie rouge = $\frac{31}{80} = 0,39$ 39%

3.2) Fréquences génotypiques de la Montbéliarde :

➤ Pie rouge = $\frac{40}{40} = 1$ 39%

4)Fréquence allélique :

$$\begin{aligned} \text{Fréquence allélique} &= \frac{\text{Nombre d'allèle du type considéré}}{\text{Nombre totale d'allèles}} \\ &= \frac{\text{Nombre d'allèle du type considéré}}{2 \text{ allèles par individus DIPLOOIDEX nombre}} \end{aligned}$$

4-1) Fréquences génotypiques de la Holstein :

➤ Fréquence de l'allèle E^D : $\frac{49*2}{80*2} = 0.61$

➤ Fréquence de l'allèle e : $\frac{31*2}{80*2} = 0.39$

3.2)Fréquences alléliques de la Montbéliarde :

➤ Fréquences de l'allèle e : $\frac{40*2}{40*2} = 1$