

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIC 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/2021

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

## THÈME

**l'étude Génétique de la pigmentation de la robe  
chez les bovins Région de djidiouia**

Présenté par :

- SAADAOUI Abed

Posé le : 07/09/2021 devant les jurys :

Président:	Mme. BENMAHDI Faiza	MCB U.Mostaganem
Encadreur:	Mme. FASSIH Aicha	MAA U.Mostaganem
Examineur :	Mme HENNI Nassiba	MAA U.Mostaganem

*Année Universitaire: 2020/2021*

# Remerciements

*Louange à ALLAH seigneur de l'univers, le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modest travail.*

*Je remercie néanmoins Mme FASSIH A pour avoir encadrer mon travail, ainsi que tous les membres du jury pour avoir accepter de juger mont travail*

*Un grand merci à l'éleveur Mr HAMRI MOSTEFA pour la confiance qu'il m'a témoignée, et pour son aide dans ce travail durant tous la durée de l'enquête.*

*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 :*

*Mes très chère parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.*

*Mon très cher grand père et grand mère*

*Mes très chers frères.*

*Mes très chères sœurs.*

*Mes très chers amis.*

*Pour mes très chers collègues de travail.*

*A toutes la promotion génétique et reproduction animale :*

2020-2021

## **Résumé :**

Notre étude a été faite dans la région de Djidiouia wilaya de Relizane dans l'exploitation de Mr HAMRI Mostefa, elle s'inscrit 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 147 têtes bovines comprenant deux races (100 Holstein \*60 pie noir 40 pie rouge\*, 47 montbéliarde).

Les résultats ont mis évidence par les calculs de fréquences génotypiques (Holstein« Pie noir **60%**», «Pie rouge **40%**» et la Montbéliarde elle est à **100%** «Pie rouge») et la fréquence allélique de Holstein (l'allèle **E<sup>D</sup>=0.60**, l'allèle **e=0.40** et l'allèle e Montbéliarde=**1** et sur l'hérédité de la couleur entre descendance et leur parent on constate que les effets de l'allèle **E<sup>D</sup>** 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.

**Mots clés :** Race, Bovin, Robe, allèles, gènes, Djidiouia. Relizane

## **Abstract:**

Our study was carried out in the region of Djidiouia wilaya of Relizane in the farm of Mr HAMRI Mostefa, it is part of the characterization of the color of the coat in cattle by the principle of examining the profile of adult animals and their progeny using phenotypic profiling on a total number of 147 bovine heads comprising two breeds (100 Holsteins \* 60 black magpie 40 red magpie \*, 47 montbéliarde).

The results showed by the genotypic frequency calculations (Holstein "Pie noir 60%", "Pie rouge 40%" and the Montbéliarde she is 100% "Pie rouge") and the Holstein allelic frequency (the ED allele = 0.60, the e allele = 0.40 and the e Montbéliarde allele = 1 and on the inheritance of the color between progenies and their parent, it can be seen that the effects of the ED allele completely mask the effects of the e allele.

These results reveal that coat color is a qualitative trait influenced by a small number of genes and of little economic interest.

**Keywords:** Race, Bovin, Robe, alleles, genes, Djidiouia. Relizane

## SOMMAIRE

<b>Résumé</b>	
<b>Table des matières</b>	
<b>Liste des figures et tableaux</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Introduction .....</b>	<b>01</b>

### PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

#### Chapitre I Les races et les robes chez les bovins

<b>LES BOVINS.....</b>	<b>03</b>
<b>1. Les systèmes de production bovine .....</b>	<b>03</b>
<b>1.1. Système extensif .....</b>	<b>03</b>
<b>1.2. Système semi intensif .....</b>	<b>03</b>
<b>1.3. Système intensif .....</b>	<b>04</b>
<b>2-les races Bovines.....</b>	<b>04</b>
<b>2-1 Races locales.....</b>	<b>04</b>
<b>2-2 Races hautes productrices.....</b>	<b>05</b>
<b>2-2-1 Normande.....</b>	<b>05</b>
<b>2-2-3 Montbéliarde.....</b>	<b>06</b>
<b>2-2-4 Prim'holshtein ou la Holstein.....</b>	<b>06</b>
<b>2-2-5 Brune des Alpes.....</b>	<b>07</b>
<b>2-2-6 Tarentaise ou Tarine.....</b>	<b>08</b>
<b>2-2-7. Simmental .....</b>	<b>08</b>
<b>2-3 Races améliorées ou mixtes.....</b>	<b>08</b>
<b>3- LES ROBES.....</b>	<b>08</b>
<b>3-1 Comment décrire la robe d'un bovin?.....</b>	<b>08</b>
<b>3-2 Les différentes robes.....</b>	<b>09</b>
<b>3-2-1 Les robes simples (unicolores).....</b>	<b>09</b>
<b>3-2-2. Robes composées.....</b>	<b>13</b>
<b>3-2-2-1 Robes charbonnées .....</b>	<b>13</b>
<b>3-2-2-2 Robes bringées.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2.3. Robes modifiées ou mélangées.....</b>	<b>15</b>
<b>3-2-3-1 Le grisonnement.....</b>	<b>15</b>
<b>3-2-3-2 Les bigarrures.....</b>	<b>15</b>
<b>3-2-3-3 Les panachures.....</b>	<b>15</b>

#### Chapitre II Système pigmentaire

<b>I La pigmentation chez le bovin.....</b>	<b>21</b>
<b>1-1 Développement des mélanocytes.....</b>	<b>21</b>
<b>1-1-1 Migration et différenciation des mélanoblastes .....</b>	<b>21</b>
<b>1-1-2 Gènes et facteurs impliqués dans le développement des mélanocytes .....</b>	<b>22</b>
<b>1-1-2-1 Facteur de transcription Mitf.....</b>	<b>22</b>
<b>1-1-2-2. Récepteur c-Kit et son ligand SCF (Stem Cell Factor).....</b>	<b>23</b>
<b>1-1-2-3. Facteur de transcription Pax3 (Paired-box 3).....</b>	<b>23</b>

1-1-2-4. Facteur de transcription Sox 10.....	23
1-1-2-5. Endothéline 3 (Edn3) et son récepteur Ednrb.....	23
1-1-2-6. Facteurs Wnt.....	23
1-1-2-7. Gène ADAMTS20 .....	23
1-2. Localisation des mélanocytes.....	24
1-2-1 Mélanocytes cutanés .....	24
1-2-2. Mélanocytes extra-cutanés .....	25
1-3 Mélanogénèse.....	25
1-3-1 Structure du mélanosome .....	26
1-3-2. Enzymes régulant la synthèse de mélanine .....	27
1-3-3. Différents types de mélanines .....	28
1-3-4. Rôle des mélanines .....	28
1-4 Transport des mélanosomes .....	29
1-5 Transfert des mélanosomes aux kératinocytes .....	30
1-6 Role du récepteur MC1R .....	31

### Chapitre III La génétique de La coloration chez les bovins

1-La coloration de la robe chez le bovin.....	33
2-Les patrons de coloration.....	33
3- Déterminisme de la couleur de la robe chez les bovins.....	34
3-1. LOCI impliqués dans la coloration des races bovines.....	34
3-1-1. Gène EXTENSION.....	37
3-1-2. Gène AGOUTI.....	39
3-1-3. Gène ALBINO.....	41
3-1-4. Gène DUN.....	42
3-1-5 Gène Bringé (Brindle).....	44
3-2. Phénotype white-spotting.....	44
3-2-1. Mutants du locus S.....	44
3-2-2. Mutants Blaze (Blason).....	47
3-2-3. Mutants Roan.....	47
3-2-4. Mutants colour-sided (Flanc coloré).....	49
3-2-5. Mutants Belted.....	50
3-2-6. Mutants Brockling.....	50

## PARTIE EXPERIMENTALES

### Chapitre I : Milieu d'Etude

1- Milieu d'Etude : Relizane.....	52
2- Situation géographique .....	52
3- Climat.....	53
4- Barrage.....	53
5- L'agriculture dans la wilaya de Relizane.....	53
6- Site d'étude .....	54
FICHE SIGNALITIQUE DE L'EXPLIOTATION.....	56

### Chapitre II : Matériel et Méthodes

1- Matériel et Méthodes .....	58
1-1 Objectif .....	58
2- Matériel expérimental.....	58

2-1 Matériel animal .....	58
2-2 La conduite des troupeaux .....	59
2-2-1 Rationnement .....	59
2-2-2 La reproduction.....	59
2-2-3 La prophylaxie .....	59
3 Matériel utilisé .....	60
3-1 Collecte des informations :.....	60
3-2 Démarches méthodologique:.....	62

### **Chapitre III : Résultats et discussions**

1- La distribution des effectifs dans le cheptel.....	63
2- Fréquences génotypiques .....	65
2-1 Fréquences génotypiques de la Holstein .....	65
2-2 Fréquences génotypiques de la Montbéliarde .....	66
3- Fréquences alléliques .....	66
3-1 Hypothèse .....	66
3-2 Fréquences alléliques de la Holstein .....	66
3.3 Fréquences alléliques de la Montbéliarde.....	67
4 Hérité de la couleur de la robe .....	68
4-1 Cas du monohybridisme .....	68
4-2 Hérité de F2 .....	69
Conclusion .....	72
Références bibliographiques	
Annexe	

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Vache de race Montbéliarde.....	06
<b>Figure 02</b> . Vaches Holstein de couleurs pie-noire et pie-rouge.....	07
<b>Figure 03</b> : Eumélanique noire ou brune .....	11
<b>Figure 04</b> : Phaeomélanique fauve (généralement fauve roux).....	12
<b>Figure 05</b> : Robe fauve charbonnée.....	14
<b>Figure 06</b> : Robe fauve bringée.....	15
<b>Figure 07</b> : Coloration latérale.....	16
<b>Figure 08</b> : Eumélanique noire ventre blanc (Ceinture blanche).....	17
<b>Figure 09</b> : Couleur Pie rouge.....	17
<b>Figure 10</b> : Pie noire .....	18
<b>Figure 11</b> : Panachures irrégulières (a-b).....	19
<b>Figure 12</b> : Présence de raie de mulot inversée: raie dorsale claire sur fond eumélanique .....	20
<b>Figure 13</b> : Structure de l'épiderme (Dominice-Franchi 1999).....	25
<b>Figure 14</b> : Stades (I, II, III et IV) de la biogenèse des eumélanosomes (a-f) et des phéomélanosomes (g-j) observés en microscopie électronique .....	27
<b>Figure 15</b> : schéma du transport des mélanosomes.....	30
<b>Figure 16</b> : Modes de transfert des mélanosomes aux kératinocytes.....	31
<b>Figure 17</b> . Rôle de Mc1r dans la pigmentation.....	32
<b>Figure 18</b> : Quelques patrons de la coloration de la robe chez le bovin.....	34
<b>Figure 19</b> : Représentations de l'aurochs, <i>Bos primigenius</i> .....	36
<b>Figure 20</b> : Exemples de bovins portant les différents allèles définis pour le gène <i>EXTENSION</i> .....	39
<b>Figure 21</b> : Exemples de bovins portant différents allèles définis pour le gène <i>AGOUTI</i> .....	41
<b>Figure 22</b> : Exemples de bovins portant l'allèle hypothétique <i>dn</i> du gène <i>DUN</i> .....	43
<b>Figure 23</b> : Exemples de bovins portant différents allèles définis pour le gène..... <i>S</i> (Spotting).....	46
<b>Figure 24</b> : Exemples de bovins porteurs de l'allèle <i>Roan</i> à l'état homozygote et hétérozygote.....	48
<b>Figure 25</b> : Taureau de race Texas Longhorn, porteur de l'allèle <i>Cs</i> ( <i>Colour-sided</i> ).....	49
<b>Figure 26</b> : Taureau de race Belted Galloway, porteur de l'allèle <i>Bt</i> ( <i>Belted</i> ).....	50
<b>Figure 27</b> : découpage de la Wilaya de Relizane.....	52
<b>Figure 28</b> : situation géographique de la ferme (image prunier par satellite).....	54
<b>Figure 29</b> : Photo d'une étable .....	55
<b>Figure 30</b> : Vache de race <i>Holstein pie rouge</i> .....	58
<b>Figure 31</b> : Vache de race <i>Holstein pie noir</i> .....	58
<b>Figure 32</b> : Vache de race Montbéliarde.....	59
<b>Figure 33</b> : Fiche d'identification.....	61
<b>Figure 34</b> : distribution de cheptel.....	63
<b>Figure 35</b> : distributions de couleur de la robe Holstein.....	64
<b>Figure 36</b> : distributions de couleur de la robe Montbéliarde.....	64
<b>Figure 37</b> : La distribution de la couleur pie noir et pie rouge chez le cheptel.....	65
<b>Figure 38</b> : La fréquence génotypique de la race Holstein.....	65
<b>Figure 39</b> : La fréquence génotypique de la race Montbéliarde.....	66
<b>Figure 40</b> : distribution de la fréquence allélique dans la Holstein.....	67
<b>Figure 41</b> : Distribution de la Fréquences alléliques de la race Montbéliarde.....	67
<b>Figure 42</b> : Résultat de la F1.....	68
<b>Figure 43</b> : distribution génotypique.....	69
<b>Figure 44</b> : A-Vache pie noir pure d'un couleur colorée de la face..... B- Vache montbéliarde caractérisée par sa face blanche	70
<b>Figure 45</b> : vache pie noir croisé d'un couleur blanche de la face.....	71



## Liste des tableaux

<b>Tableau 01 : Loci génétiques décrits chez le bovin, (Olson, 1999).....</b>	<b>37</b>
<b>Tableau 02 : distribution d'effectif dans le cheptel.....</b>	<b>63</b>

## Liste des abréviations

**$\alpha$ -MSH** :  $\alpha$ -Melanocyte stimulating hormone

**DCT** : dopachrome tautomérase

**TYR** : tyrosinase humaine ou bovine

**Tyr** : tyrosinase murine.

**MC1R** : récepteur 1 aux melanocortines

**Tyrp1** : tyrosinase Related protein 1

**ERP** : l'épithélium pigmentaire rétinien

**AMPc** : Adénosine MonoPhosphate cyclique.

**DHI**: DiHydroxyIndole .

**DHICA** : DiHydroxyIndole Carboxylic acid.

**DOPA** : Dihydroxyphenylalanine.

**dNTP** : DésoxyNucléotide TriPhosphate.

**ddNTP** : DiDésoxyriboNucléotide TriPhosphate.

**Dnase** : Déoxyribonucléase .

**DHI** : DiHydroxyIndole

**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.

**SOX10** : SRY-box containing gene 10

**BLL**: Bovine Laitier Local.

**BLM** : Bovin Laitier Moderne.

**BLA** : Bovin Laitier Amélioré.

**SAU** : Surface Agricole Utile.

**J**: Jour.

**Kg**: Kilo Gramme.

**L**: Litre.

**l/j** : Litre par Jour.

# **Introduction**

## **Introduction**

Il est bien établi que chez les mammifères, la pigmentation est principalement définie par la distribution ainsi que la quantité relative de pigments de phéomélanine et d'eumélanine, qui produisent respectivement des colorations rouge/jaune et marron/noire. Ces pigments sont synthétisés par les mélanosomes, organites apparentés aux lysosomes au sein des mélanocytes, cellules épidermiques dérivées de la crête neurale.

Les premières connaissances cellulaires sur la formation des pigments ont été le point de départ des études de génétique de la coloration. La compréhension des mécanismes par lesquels les gènes qui déterminent la coloration interagissent et produisent leurs effets, constituent le fil conducteur d'un grand nombre de recherches.

La pigmentation a servi de base de classification raciale des animaux domestiques et plus particulièrement ceux d'élevage. Chez l'espèce bovine, les études de déterminisme génétique de coloration de la robe sont nées d'un besoin croissant de traçabilité des produits d'origine bovine, tant de la part des professionnels que des consommateurs.

A ce jour, les analyses génétiques relatives à la coloration de la robe des bovins ont permis de mettre en évidence les principaux loci et allèles qui affectent la pigmentation chez cette espèce. L'étude des bases moléculaires responsables du patron de coloration de la robe des bovins permet la compréhension des mécanismes moléculaires fondamentaux impliqués dans le processus de pigmentation des vertébrés et renseigne sur l'origine et l'évolution de certaines maladies humaines telles que les mélanomes.

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. Une telle situation est encore rencontrée dans certains pays aux grands espaces. En Europe et particulièrement en France, on assista à l'introduction progressive de pratiques sélectives plus sévères. Cependant, il fallut attendre la fin du 19<sup>ème</sup> siècle et la constitution des grands livres des races (Herd-Book) pour que les patrons de coloration de la robe soient expressément définis et s'imposent peu à peu.

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. Pour cela notre travail s'est déroulé dans la ferme de monsieur **HAMRI Mostefa** dans la région de Djidiouia wilaya de Relizane.

Pour ce la nous avons reparti notre travail en deux parties :

- ♣ La première partie sur l'étude bibliographique qui comprend trois chapitres
- ♣ Une deuxième partie concerne la présente étude expérimentale.

# Chapitre I

## *Les races et les robes chez les bovins*

## **LES BOVINS**

Le genre Bos appartient à la sous-famille des Bovinae, de la famille des Bovidae, ces bovidés dérivent du sous-ordre des Ruminants, classe des Mammifères pourvus d'un placenta (sous-classe des Placentaires) et qui se regroupent dans l'embranchement des Vertébrés du règne Animal

### **1. Les systèmes de production bovine :**

L'élevage en Algérie ne constitue pas un ensemble homogène (Yakhlef, 1989), donc on peut distinguer trois grands systèmes de production bovine :

#### **1.1. Système extensif :**

Le bovin conduit par ce système, est localisé dans les régions montagneuses et son alimentation est basée sur le pâturage (**Feliachi et al., 2003**). Ce système de production bovine en extensif occupe une place importante dans l'économie familiale et nationale (**Yakhlef, 1989**), il assure également 40% de la production laitière nationale (**Nedjraoui, 2001**).

Cet élevage est basé sur un système traditionnel de transhumance entre les parcours d'altitude et les zones de plaines. Il concerne les races locales et les races croisées et correspond à la majorité du cheptel national (**Feliachi et al., 2003**). Le système extensif est orienté vers la production de viande (78% de la production nationale) (**Nedjraoui, 2001**).

#### **1.2. Système semi intensif:**

Ce système est localisé dans l'Est et le Centre du pays, dans les régions de piémonts. Il concerne le bovin croisé (local avec importé) (**Feliachi et al., 2003**). Ce système est à tendance viande mais fournit une production laitière non négligeable destinée à l'autoconsommation et parfois, un surplus est dégagé pour la vente aux riverains. Jugés médiocres en comparaison avec les types génétiques importés, ces animaux valorisent seuls ou conjointement avec l'ovin et le caprin, les sous produits des cultures et les espaces non exploités. Ces élevages sont familiaux, avec des troupeaux de petite taille (**Feliachi et al. 2003**). La majeure partie de leur alimentation est issue des pâturages sur jachère, des parcours et des résidus de récoltes et comme compléments, du foin, de la paille et du concentré

(Adamou et al. 2005,). Le recours aux soins et aux produits vétérinaires est assez rare.  
(Feliachi et al., 2003).

### **1.3. Système intensif :**

La conduite de ce système montre clairement la tendance mixte des élevages. En effet, les jeunes sont dans la majorité des cas gardés jusqu'à 2 ans et au-delà, le sevrage est tardif, l'insémination artificielle n'est pas une pratique courante et les performances de production et de reproduction sont loin des aptitudes du matériel génétique utilisé. Les troupeaux sont généralement d'effectifs moyens à réduits (autour de 20 têtes) et entretenus par une main d'œuvre familiale. L'alimentation est à base de foin et de paille achetés. Un complément concentré est régulièrement apporté. Les fourrages verts sont assez rarement disponibles car dans la majorité des élevages bovins, l'exploitation ne dispose pas ou dispose de très peu de terres (Feliachi et al. 2003). Ce type de système fait appel à une grande consommation d'aliments, une importante utilisation des produits vétérinaires ainsi qu'à des équipements pour le logement des animaux (Bencharif, 2001,).

## **2-les races Bovines**

La race est une subdivision de l'espèce. Ce mot sert à désigner une collection d'individus se ressemblant entre eux, mais différent des autres individus de la même espèce par certaines aptitudes ou par le développement harmonique et spécial de quelques-unes de leurs formes. Ces individus ont la propriété de conserver leurs caractères distinctifs qu'ils transmettent par voie de génération.

Est constitué de trois groupes de races

### **2-1 Races locales**

Le cheptel des races locales représente 48% du cheptel national mais n'assure que 20% de la production (Bencharif, 2001). Comparée aux races sélectionnées étrangères, la population bovine locale produit peu de lait (3à4 litres par jour) pendant 6 mois soit en moyenne 595 kg par lactation (Bencharif, 2001). Il existe 06 races :

♣- **La Guelmoise** à pelage gris foncé, vivant en zones forestières

♣-**La Cheurfa** à pelage gris clair presque blanchâtre, vit en bordure des forêts et se rencontre dans les régions de Jijel et de Guelma.



♣-**La Sétifienne** à robe noirâtre uniforme, elle présente une bonne conformation. Sa taille et son poids varient selon la région où elle vit. La queue est de couleur noire, longue et traîne parfois sur le sol (**Feliachi et al, 2003**).

♣- **La Chélifienne** se caractérise par une robe fauve, une tête courte, des cornes en crochets, des orbites saillantes entourées de lunettes ‘marron foncé’ et une longue queue noire qui touche le sol.

Il existe d’autres populations mais avec des effectifs plus réduits telles que:

♣- **La Kabyle et la Chaouia** 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, les quelles ont subi des croisements avec une race ibérique (**Gredaal, 2002**).

## **2-2 Races hautes productrices**

Appelées, Bovins Laitiers Modernes (BLM), ces animaux sont constitués de races importées principalement de pays d'Europe, dont l'introduction avait débuté avec la colonisation du pays (**Gredaal, 2002**).

Ces animaux représentent 9 à 10% de l'effectif national, et assurent environ 40% de la production totale de lait de vache (**Bencharif, 2001**). Le potentiel génétique de ces animaux n'est pas toujours pleinement valorisé, en raison des conditions d'élevage et d'encadrement (**Gredaal, 2002; Ferah, 2000 ;Bencharif 2001**). La plupart des races bovines importées et introduite en Algérie sont destinées en premier lieu à la production laitière et secondairement pour la production de viande. Parmi ces races on peut citer :

### **2-2-1 Normande**

Elle est originaire de la Normandie et reste localisée surtout dans le grand ouest de la France. C’est une race de grande taille avec 1.40m de hauteur au garrot. Une vache qui pèse de 700 à 800kg, un taureau de 1000 à 1200 kg. Sa robe est dite tricolore ; elle comprend des poils blonds, bringés et blancs. La tête blanche avec des lunettes autour des yeux et un muflé tacheté (**Babo, 2000**).

Elle est de type laitier avec néanmoins de bonne aptitude pour la production de viande. Son lait présente de bonnes aptitudes à la transformation fromagère : taux protéique élevé, bon rendement fromager, bonnes qualités sensorielles (**Cauty et al, 2003**).

### **2-2-3 Montbéliarde**

Cette race est issue de la population de pie rouge continentale (**Gredaal, 2002**). C'est une race de grande taille avec 1.40m de hauteur au garrot. Une vache pèse de 650 à 750 kg, un taureau de 1000 à 1200 kg. La robe est pie rouge soutenu aux taches bien délimitées ; par contre la tête, le ventre et les membres restent blancs. La montbéliarde est une grande laitière avant tout mais conserve des qualités d'élevage et des qualités bouchères. La production laitière moyenne d'une vache est de plus de 6700kg, son lait est de grande qualité fromagère, on y relève une teneur remarquable en protéines (**Babo, 2000**).



**Figure 01** : Vache de race Montbéliarde

### **2-2-4 Prim'holshtein ou la Holstein**

Cette race à dimension mondiale est originaire des Pays-Bas et de l'Allemagne. Sa robe est pie noire et rarement pie rouge. C'est un animal de grand format avec un type laitier très marqué : poitrine profonde, bassin horizontal à légèrement incliné ; muscles longilignes et peu épais, mamelle bien accrochée haute, avec des trayons bien implantés. Elle est à l'origine de plus de 80% de lait produit en France (**Cauty et al, 2003**).

Elle pèse environ 700 kg, elle a de 1.35 m au garrot. La production est de 8600 litres de lait par lactation (**Babo, 2000**). D'après Cauty et Perreau (2003), le taux butyreux du lait de la pie noir et de 4% et le taux protéique est de 3.1%.



**Figure 02.** Vaches Holstein de couleurs pie-noire et pie-rouge

**NB :** c'est les deux races étudiées Prim'holstein et Montbéliarde

### **2-2-5 Brune des Alpes**

La race brune est originaire des Alpes suisses. C'est une race de grande taille au squelette puissant avec une hauteur au garrot de l'ordre de 1.40 m. Le poids d'une vache adulte varie entre 600 et 750 kg alors que celui d'un taureau est compris entre 900 et 1200 kg (**Babo, 2000**).

Sa robe est uniforme de couleur gris souris argenté. C'est une race à une spécialisation laitière marquée, avec un fort TP et un bon TB. Bien que ses pics de lactation soient moins élevés que ses concurrentes, elle présente de très bonnes persistances. Par conséquent les courbes de lactation sont très plates et le niveau de production reste plus stable (**Cauty et al, 2003**).

### **2-2-6 Tarentaise ou Tarine**

C'est une race de taille moyenne, pas plus de 1.30 m au garrot. Une vache pèse en moyenne 550 kg, un taureau 800 kg. La robe est unie de couleur fauve, celle du taureau est plus foncée. Cette race particulière donne du bon lait et de la bonne viande. Une vache fournit plus de 4600 kg de lait avec un taux butyreux de 3.6%, (**Babo, 2000**).

Elle se caractérise par une longévité, fécondité, facilité de vêlage, endurance et résistance aux conditions de vie les plus rudes et la sécheresse (**Cauty et al, 2003**).

### **2-2-7. Simmental**

Le nom de Simmental veut dire vallée de Simmen, une vache fournit près de 5900 kg d'un lait à fort taux butyreux près de 3.9 % (**Babo, 2000**). La robe de la Simmental varie du brun clair (jaunâtre) au rouge foncé, avec la tête et le toupillon blancs. Des marques blanches se remarquent plus fréquemment au niveau du ventre et aux membres, mais aussi au niveau des épaules. La race Simmental est caractérisée par sa grande taille. Ainsi, le poids des taureaux adultes oscille entre 1140 et 1400 kg, alors que le poids des femelles adultes varie entre 620 et 900 kg. La maturité sexuelle des femelles est assez hâtive. Elles sont fertiles, démontrent de bonnes aptitudes maternelles et une très forte production laitière (**Cauty et al, 2003**).

### **2-3 Races améliorées ou mixtes**

Ce cheptel que l'on désigne sous le vocable de Bovin Local Amélioré (BLA), recouvre les divers peuplements bovins, issus de multiples croisements, entre la race locale Brune de l'Atlas et ses variantes d'une part, et diverses races importées d'Europe (Pie Rouge, Tarentaise, Brune des Alpes et Frisonne Pie Noire), d'autre part. (**Yakhlef, 1989**). Ces animaux constituent 42% à 43% de l'ensemble du troupeau national, et assure 40% environ de la production (**Bencharif, 2001**).

## **3- LES ROBES**

### **3-1 Comment décrire la robe d'un bovin?**

- ❖ Décrire l'aspect général de la robe (uniforme, pie ou tachetée);
- ❖ Décrire la couleur de base de l'animal (Noir, rouge, pie--rouge...);
- ❖ Décrire les particularités de la robe (charbonnures, bringeures, mouchetures);

- ❖ Décrire le type de panachure (coloration latérale, panachure, irrégulière, tête blanche...).

La description de la robe semble être le plus ancien et le moyen d'identification et de traçabilité le plus répandu des ressources génétiques animales, toute espèce et race confondues. Au-delà de son rôle d'identification, il constitue chez les peuples pasteurs, un outil de sélection (notamment des bovins) qui fait appel à un vocabulaire abondant dont la maîtrise constitue une marque d'expertise qui mérite d'être capitalisée.

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.

Le nombre de pigments du poil des animaux est limité à deux catégories:

- ❖ L'Eumélanine: de couleur NOIRE ou BRUNE(Chocolat);
- ❖ La Phaeomélanine : ROUGE ou ORANGE

Lorsqu'aucun de ces pigments n'est présent sur l'animal, alors les poils apparaissent blancs sur son corps. Le patron de coloration d'un animal décrit la répartition par zone des différents pigments des poils dans la robe.

### **3-2 Les différentes robes**

Les principales variations relatives à la forme du cornage ont traitées, il reste à préciser les variations de la robe. La connaissance des robes chez les bovins est en effet intéressante dans la mesure où, d'une part, certaines races se caractérisent par leur robe, d'autre part la diagnose des croisements repose d'abord sur son examen.

#### **3-2-1 Les robes simples (unicolores)**

##### **A- A teinte soutenue sur l'ensemble du corps :**

- ❖ Le noir
- ❖ Le gris
- ❖ Le bleu (mélange de poils noirs et de poils blancs)
- ❖ Le blanc
- ❖ Le rouge (associé en général à un mufle clair)
- ❖ Le jaune
- ❖ Le rouan (mélange de poils rouges et de poils blancs)

Les teintes noir/gris/bleu sont associées à la présence de pigment sombre (eumélanine). Les teintes rouges/jaune/rouan sont reliées à celle de pigment plus clair (phaeomélanine).

**B- S'éclaircissant en régions distales**

❖ **Le fauve:** la robe varie du jaunâtre au rouge brunâtre mais s'éclaircit plus ou moins fortement autour du mufle, et des yeux, sur le dessous, le périnée et dans la partie postéro-inférieure des membres. Par ailleurs, les extrémités sont noires: mufle, paupières, bord des oreilles (inconstant), pointe des cornes, anus et vulve, onglons et couronne.

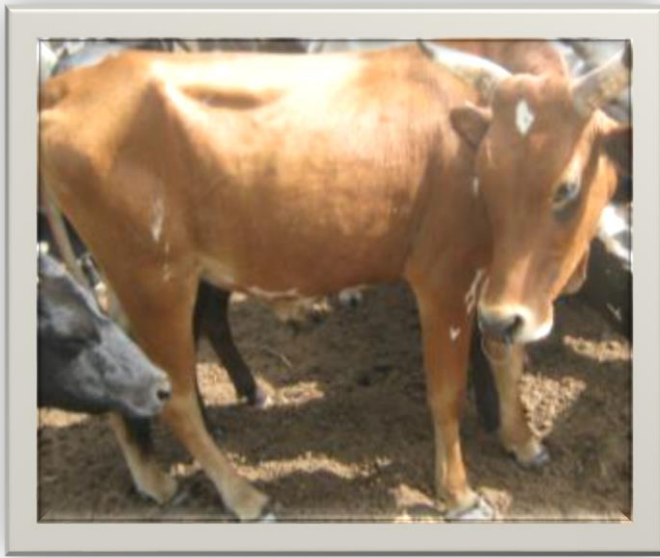
❖ **Le gris souris:** mêmes éclaircissements que précédemment, mêmes extrémités foncées mais robe gris-souris au lieu de fauve.

❖ **Le froment:** idem robe fauve mais muqueuses et extrémités claires. Le froment se distingue du jaune par présence d'éclaircissement de la teinte.



**Figure 3** : Eumelanique noire ou brune (a-b-c)

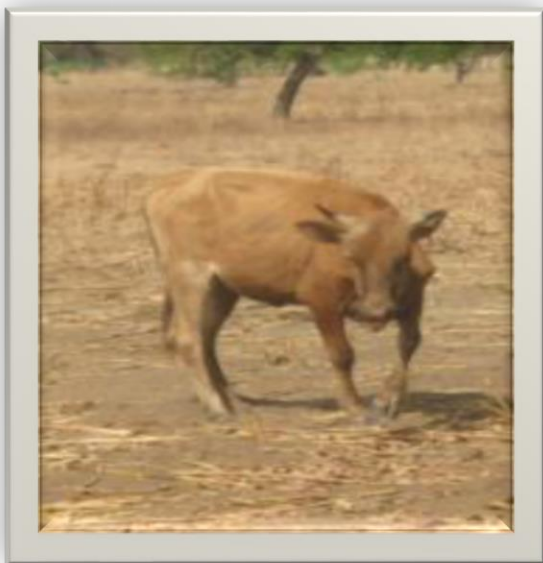




**a**



**b**



**c**



**d**

**Figure 4** : Phaeomélanique fauve (généralement fauve roux)



### **3.2.2. Robes composées**

Association, par plages, de pigment clair et de pigment noir.

#### **3-2-2-1 Robes charbonnées**

Les charbonnures (plages noires) apparaissent aux extrémités : tête, devant des membres (robe légèrement charbonnée), puis envahissent le corps de façon centripète jusqu'à le recouvrir presque totalement (robe très fortement charbonnée). On distingue:

**a- Le rouge charbonné**, toujours à muqueuses sombres,

**b- Le fauve charbonné**, toujours à muqueuses sombres,

**c- Le froment charbonné**,

**d- Le gris charbonné**, toujours à muqueuse sombre. Ce dernier n'est en fait qu'une variante des 2 robes précédentes: les veaux naissent fauve ou froment mais, avec l'âge, le pigment clair s'éclaircit au point de paraître presque blanc tandis que les charbonnures apparaissent. Celles-ci tendent à leur tour à disparaître avec l'âge.

#### **3-2-2-2 Robes bringées**

La robe varie du jaune au rouge sombre et apparaît striée verticalement de bringeures (bandes noires). Le mufle est marbré.



**Figure 5 : Robe fauve charbonnée**



**Figure 6** : Robe fauve bringée

### **3.2.3. Robes modifiées ou mélangées**

En ce cas, n'importe laquelle des robes pigmentées décrites précédemment est plus ou moins envahie de panachures blanches.

#### **3-2-3-1 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 grise. Lorsque c'est un mélange à base de poils fauves, on dit rouan.

#### **3-2-3-2 Les bigarrures**

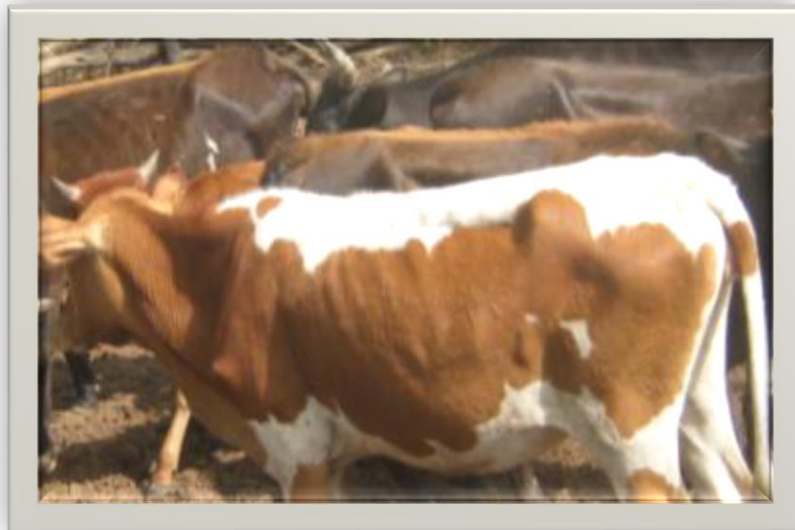
La bigarrure correspond à un éclaircissement du fond de la robe, mais avec le maintien de taches de la couleur originelle. Cet effet est rare chez les bovins.

#### **3-2-3-3 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. Il existe plusieurs patrons à la base des taches. Bernard DENIS a identifié ces différents patrons :

- La panachure irrégulière (type Prim'holstein)
- La panachure irrégulière associée avec le maintien d'une pigmentation aux membres et avec la tête blanche.
- 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"
- La série "ceinture blanche"

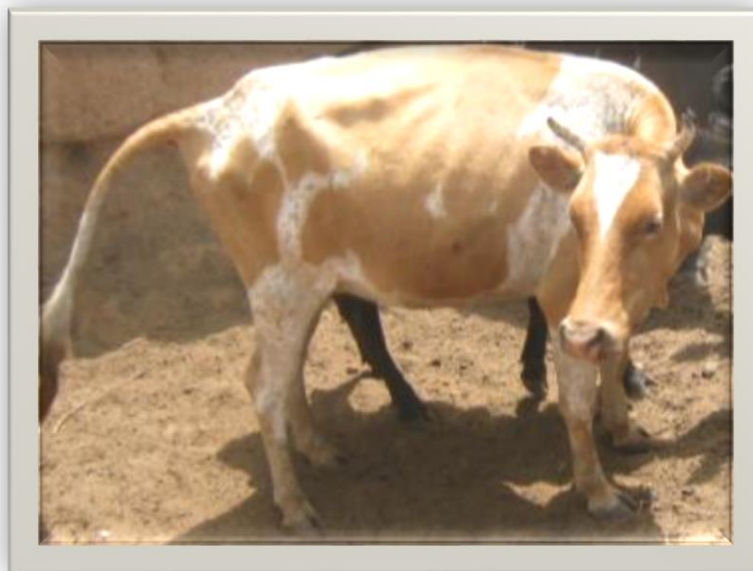
La série "dépigmentation latérale de type Bordelais".



**Figure 07** : Coloration latérale



**Figure 08** : Eumélanique noire ventre blanc (Ceinture blanche)



**Figure 09** : Couleur Pie rouge



**Figure 10** : Pie noire





**Figure 11** : Panachures irrégulières (a-b)



**Figure 12 :** Présence de raie de mulet inversée: raie dorsale claire sur fond eumélanique (noire ou brune)



# **Chapitre II**

## **Systeme pigmentaire**

## I - La pigmentation 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. Le patron standard d'une coloration de robe non tachetée est tout simplement une pigmentation solide ou une absence de taches. Par ailleurs, l'Aurochs « *Bos Primigenius* » de l'Europe, ancêtre sauvage de la plupart voir la totalité des races des *Bos taurus*, semble être le plus approprié (Olson et al., 1980). L'Aurochs, présentait une couleur variant du rouge-brun au brun-noir avec un museau tanné. De plus, il devait exister une variation de la couleur de certaines parties noires du corps et le mâle était plus sombre. De la même façon, les animaux présentant un phénotype de couleur sauvage ont tendance à avoir les extrémités plus sombres (la tête, la nuque, les pattes et la croupe). Ces couleurs caractéristiques sont observées d'une manière similaire chez certaines races actuelles (ex : Brune des Alpes). La plupart des variantes observés sont rouges ou noirs uniforme si on les compare par rapport au phénotype sauvage. D'autres couleurs de robe correspondent à une simple modification des trois couleurs basiques : noir, rouge-brun (Sauvage) et rouge. En général, la variation de ces couleurs implique une dilution voire parfois une perte totale de la couleur. Le rouge clair de la Limousine témoigne du phénomène de dilution, et le blanc du Charolais est un exemple de la dilution extrême de la pigmentation. Ainsi, plusieurs loci sont proposés pour expliquer les variations de couleurs entre les races et les différents profils de taches.

### 1-1 Développement des mélanocytes

#### 1-1-1 Migration et différenciation des mélanoblastes

Les cellules précurseuses de la lignée mélanocytaire dérivent de la crête neurale au cours du développement embryonnaire des mammifères. La crête neurale correspond à une population cellulaire pluripotente située dorsalement au tube neural. Les cellules de la crête neurale migrent et colonisent un très grand nombre de tissus embryonnaires. Leurs différenciations

seront à l'origine des cellules du système nerveux périphérique (neurones et cellules gliales), de toutes les cellules pigmentées de l'organisme, à l'exception des cellules endocriniennes des glandes surrénales et thyroïdiennes et des cellules de l'épithélium rétinien issues du neuroectoderme (**Dupin et al. 2007**).

Les mélanocytes ont pour précurseurs les mélanoblastes qui sont localisés préférentiellement au niveau de la partie dorso-médiale de la crête neurale (**Wilson et al. 2004**). Chez la souris, les mélanoblastes se forment à partir des cellules pluripotentes de la crête neurale à 8 jours et demi de développement embryonnaire. A ce stade, les mélanoblastes migrent selon l'axe dorso-latéral entre le dermatome et l'ectoderme. A 10 jours et demi de développement embryonnaire, ils migrent ventralement à travers le derme en développement. Ils envahissent l'épiderme à partir de 14 jours et demi de développement embryonnaire puis migrent vers les follicules pileux en développement où ils continuent à proliférer et à se différencier (**Mayer 1973; Jordan and Jackson 2000**). Ils colonisent en plus de la peau, la choroïde, l'iris, l'oreille interne, les leptoméninges (chez l'homme), l'arbre trachéobronchique, les voies nasales supérieures et le mésentère (**Freedberg et al. 1999**).

### **1-1-2 Gènes et facteurs impliqués dans le développement des mélanocytes**

La survie, la différenciation, la prolifération et la migration des mélanoblastes et/ou des mélanocytes sont contrôlées par un ensemble de gènes, la plupart codant des facteurs de transcription ou des protéines du système de signalisation intracellulaire.

#### **1-1-2-1 Facteur de transcription Mitf**

Le gène Microphthalmia Associated Transcription Factor (*MITF*) est conservé chez plusieurs espèces de vertébrés : l'homme, la souris, le rat et le poulet (**Lin and Fisher 2007**). Il code pour un facteur de transcription appartenant à la famille des basics/ helix-loop-helix/ leucine-zipper (bHLH-Zip). Mitf est le marqueur le plus précoce de l'engagement des cellules de la crête neurale vers la lignée mélanocytaire (**Goding 2000**). Sa présence semble d'ailleurs indispensable à cet engagement. Mitf joue un rôle très important dans la survie, la migration et la prolifération des mélanoblastes. L'expression de Mitf est maintenue non seulement au cours des premières et des dernières étapes du développement des mélanocytes mais également dans les mélanocytes épidermiques normaux de l'adulte (**Freedberg et al. 1999**).

### **1-1-2-2. Récepteur c-Kit et son ligand SCF (Stem Cell Factor)**

Le récepteur c-Kit et son ligand SCF sont codés respectivement par les gènes *KIT* et *KITL*. c-Kit appartient à la famille des récepteurs PDGF. Il est exprimé à la surface des mélanoblastes depuis leurs émergences de la crête neurale et continue à être exprimé à la surface des mélanocytes chez les animaux après la naissance (Peters et al. 2002).

### **1-1-2-3. Facteur de transcription Pax3 (Paired-box 3)**

Le facteur de transcription Pax3 joue un rôle important dans la prolifération et la migration des mélanoblastes à partir de la crête neural (Guaguere and Alhaidari 1992). Il régule également l'expression de Mitf et l'activité de Tyrp1 (Goding 2000).

### **1-1-2-4. Facteur de transcription Sox 10**

Le facteur de transcription Sox10 joue un rôle crucial dans la survie et le maintien des progéniteurs multipotents de la crête neurale et influence leurs devenir dans les étapes ultérieures de l'embryogenèse (Stanchina et al. 2006). Il participe à la détermination et à la différenciation des mélanocytes en régulant les gènes *MITF* et *TYRP2* (Stanchina et al. 2006).

### **1-1-2-5. Endothéline 3 (Edn3) et son récepteur Ednrb**

L'endothéline 3 et son récepteur Ednrb sont des éléments essentiels au développement des mélanocytes au cours de l'embryogenèse. Les mutations « *lethal spotting* » et « *piebalde lethal* » des gènes codants pour l'endothéline 3 et son récepteur Ednrb sont responsables d'un développement mélanocytaire anormal. Les animaux homozygotes pour la mutation « *piebalde lethale* » présentent une perte presque totale de pigmentation.

### **1-1-2-6. Facteurs Wnt**

Les facteurs Wnt sont des glycoprotéines exprimées au cours de l'embryogenèse et impliquées dans le développement des mélanocytes.

### **1-1-2-7. Gène *ADAMTS20***

Le gène *ADAMTS20* code pour une métalloprotéase de type désintégrine. Celle-ci est sécrétée par les mélanoblastes pour induire le remaniement de la matrice extracellulaire.

La mutation *Belted (Bt)* affectant ce gène a pour conséquence un défaut de migration des mélanoblastes (Tang 2001; Rao et al. 2003).

## **1-2. Localisation des mélanocytes**

Au cours de l'embryogenèse, les mélanoblastes migrent vers différents territoires de peuplement définitif. Outre la peau, ils se retrouvent dans différents tissus comme les muqueuses, les méninges, l'oreille interne, l'arbre trachéo-bronchique, l'uvée, les glandes parathyroïdes et le cœur. Selon leurs localisations, les mélanocytes différenciés peuvent jouer des rôles très différents. Chez les mammifères, ils sont classés en deux populations : les mélanocytes « sécrétoires » majoritaires, les produits de sécrétion étant les mélanosomes qu'ils transfèrent aux kératinocytes, et les mélanocytes « continentaux » extra-cutanés qui ne transfèrent pas leurs mélanosomes.

### **1-2-1 Mélanocytes cutanés**

La peau constitue l'organe le plus important de l'organisme, en taille et en poids. C'est la première barrière de défense de l'organisme contre les agressions extérieures. Elle est constituée de trois tissus superposés qui sont de l'extérieur vers l'intérieur, l'épiderme, le derme et l'hypoderme. La population mélanocytaire de la peau se répartit en deux compartiments : le compartiment épidermique d'une part et le compartiment folliculaire d'autre part (Kanitakis 1997).

L'épiderme représente 10% du total des cellules de la peau. Il est constitué de 4 types cellulaires différents qui sont les kératinocytes, les mélanocytes, les cellules de Langerhans et les cellules de Merkel. Ces cellules se répartissent sur 4 couches superposées : la couche cornée, la couche granuleuse, la couche épineuse et la couche basale (Figure 13).

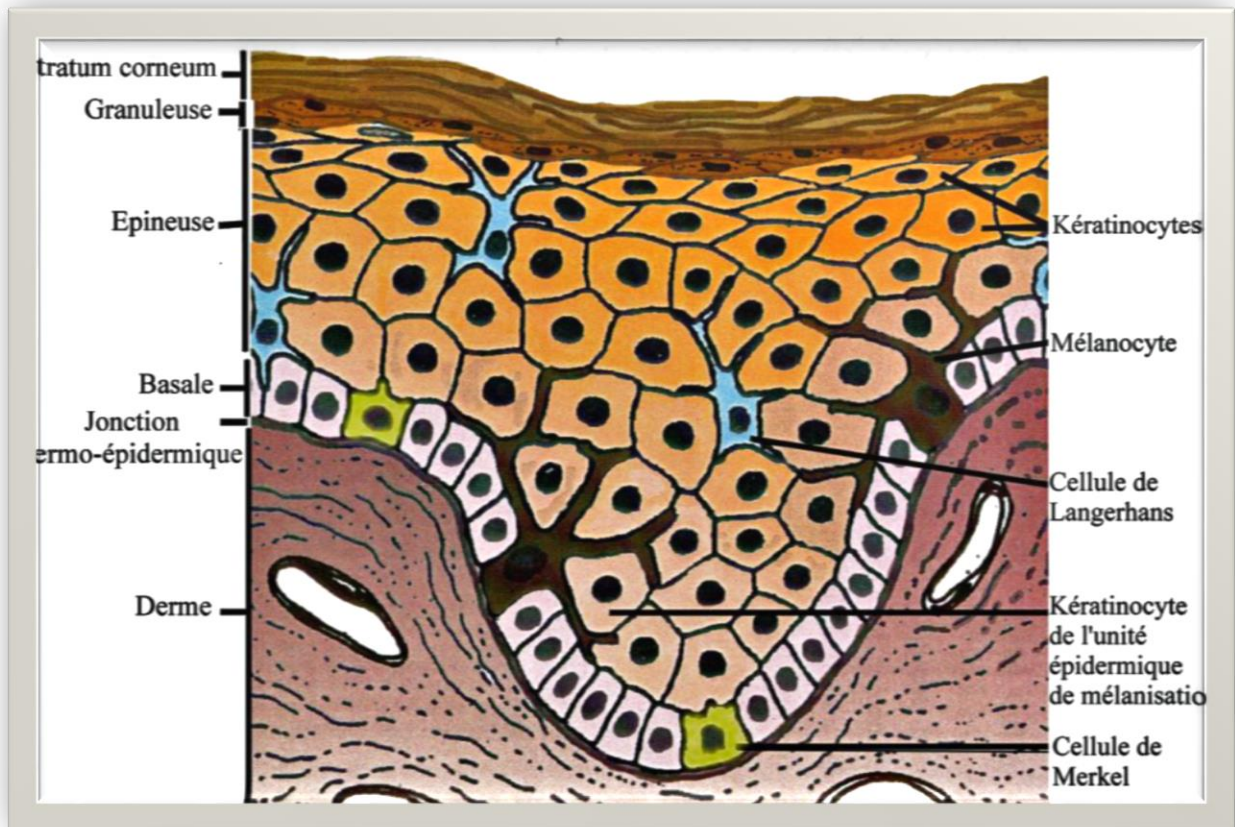


Figure 13 : Structure de l'épiderme (Dominice-Franchi 1999).

### 1-2-2. Mélanocytes extra-cutanés

Les mélanocytes extra-cutanés dépourvus de fonction sécrétoire sont présents dans leur grande majorité au niveau de l'oeil (iris, choroïde et épithélium pigmenté de la rétine), de l'oreille interne (strie vasculaire de la cochlée) et des méninges du système nerveux central.

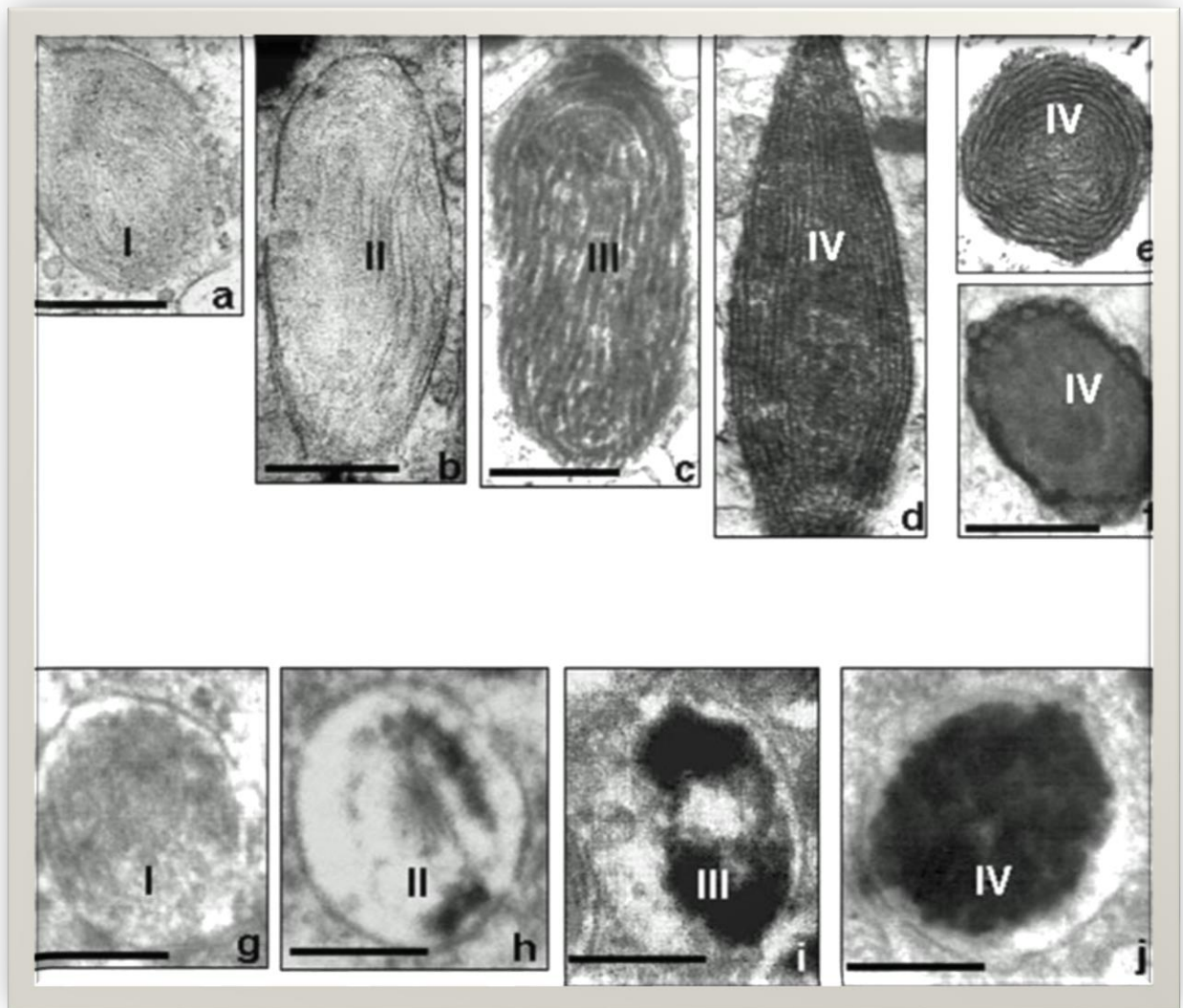
### 1-3 Mélanogenèse

La mélanogenèse désigne d'une part, une cascade de réactions aboutissant à la synthèse de différents types de pigments de mélanine et d'autres parts, l'ensemble des mécanismes de contrôles qui gouvernent cette synthèse. Elle se déroule au sein des mélanocytes dans des organites spécialisés appelés mélanosomes. Le processus de mélanisation se déroule en plusieurs étapes aboutissant à la migration et au transfert du mélanosome mature chargé de mélanine aux kératinocytes avoisinants.

### **1-3-1 Structure du mélanosome**

Le mélanosome est un organite dont les éléments structuraux et enzymatiques sont assemblés et organisés selon un processus similaire à la formation des lysosomes (**Jimbow et al. 2000b**), bien que le trafic membranaire soit différent entre ces 2 compartiments (**Fujita et al. 2001; Raposo et al. 2001**). Ces 2 organites semblent avoir une origine ancestrale commune. Cette hypothèse est soutenue par la spécificité de localisation des protéines Lamp-1,-2 et -3 (Lysosome associated-membran protein) au sein de ces 2 compartiments (**Salopek and Jimbow 1996; Jimbow et al. 2000a**). Le mélanosome appartient ainsi à cette grande famille des organites apparentés aux lysosomes qui inclus entre autre les granules lytiques des lymphocytes T, le complexe majeur d'histocompatibilité de classe II des cellules présentatrices d'antigènes, les granules des basophiles ou encore les granules azurophiles des neutrophiles et des cellules endothéliales.

En général, la structure du mélanosome dépend du type de mélanine qui est produit dans cet organite. Ainsi il existe deux types de mélanosomes : les eumélanosomes qui synthétisent les pigments d'eumélanine de couleur brune à noir et les phéomélanosomes qui synthétisent les phéomélanines de couleur jaune à rouge (**Aquaron 2000**). Les eumélanosomes sont de grande taille, de forme elliptique avec une matrice organisée, fibrillaire et lamellaire sur laquelle le dépôt d'eumélanine va se produire (Figure 14).



**Figure 14:** Stades (I, II, III et IV) de la biogenèse des eumélanosomes (a-f) et des phéomélanosomes (g-j) observés en microscopie électronique (D'après Slominski *et al.*, 2004)..

### 1-3-2. Enzymes régulant la synthèse de mélanine

La tyrosinase Tyr ainsi que les enzymes Tyrp1/Trp1 (tyrosinase related-protein 1) et Tyrp2/Trp2/Dct (tyrosinase related-protein 2) sont responsables de la synthèse de mélanine au sein du mélanosome. Celles-ci ont une structure très conservée chez différentes espèces et possèdent de fortes similarités entre elles. Ce sont toutes des protéines membranaires de type I avec environ 40% d'acides aminés en commun (Jackson *et al.* 1991; Slominski *et al.* 2004). Elles forment entre elles des complexes multimériques (200 à 700kDa) susceptibles de jouer un rôle dans la régulation de la mélanogénèse (Jackson *et al.* 1992; Manga *et al.* 2000) ou dans la synthèse et l'assemblage des structures nécessaires à celle-ci (Slominski and Paus 1990; Manga *et al.* 2000).



### **1-3-3. Différents types de mélanines**

Il existe 5 types de pigments de mélanine dans la nature : l'eumélanine, la phéomélanine, le trichochrome, les mélanines mixtes et la neuromélanine.

- ❖ **Les eumélanines** : sont à l'origine des couleurs brunes à noires. Elles sont de hauts poids moléculaires
- ❖ **Les phéomélanines** : sont à l'origine des couleurs jaunes à brun-rouge. Elles ont une composition importante et variable en soufre et en azote (**Slominski et al. 2004**)
- ❖ **Les trichochromes** : sont des molécules de faibles poids moléculaires constituées de deux unités de benzothiazine pouvant exister sous forme de tautomères. Ils sont apparentés aux phéomélanines et leur couleur varie du jaune au rouge.
- ❖ **Les mélanines mixtes** : correspondent à la majorité des pigments naturels retrouvés chez les mammifères. Les mélanines mixtes sont le résultat d'une copolymérisation des précurseurs des phéomélanines et des eumélanines dans des proportions variables (**Slominski et al. 2004**). Elles peuvent être brunes ou noires.
- ❖ **Les neuromélanines** : sont spécifiques du système nerveux central. Ce sont des macropolymères composés de quinones cycliques, aminochromes et noradréalinochromes (**Carstam et al. 1991; Double et al. 2000**). Ils sont à l'origine de colorations noir ou marron.

### **1-3-4. Rôle des mélanines**

Les pigments mélaniques ont pour fonction première la protection de l'ADN cellulaire contre les radiations ultraviolettes (UV) qui peuvent générer des molécules hautement mutagènes de type radicaux libres ou anions superoxydes (**Riley 1997**). En effet, la combinaison de fonctions carbonyles et le haut degré de conjugaison de ses constituants font de la mélanine un puissant absorbeur de radiations grâce à un spectre d'absorption photonique continu allant de l'ultraviolet à l'infrarouge. L'absence ou la réduction de synthèse de mélanine au niveau de la peau est associée à une sensibilité accrue aux rayonnements UV et à une prédisposition au cancer cutané. Chez les mammifères, ce sont les pigments mélaniques qui confèrent au pelage sa fonction photoprotectrice. Cette coloration du pelage a également pour rôle le camouflage ainsi que la communication sociale et sexuelle.

## **1-4 Transport des mélanosomes**

En même temps que se déroule la synthèse de mélanine au sein du mélanosome, celui-ci est transporté vers les extrémités dendritiques des mélanocytes en vue de son transfert aux kératinocytes des couches basales et supra-basales de l'épiderme ainsi qu'aux kératinocytes immatures du follicule pileux. Le transport des mélanosomes est assuré par deux mécanismes de motilité (Figure 15, Figure 16) : une motilité longue distance acheminant les mélanosomes matures jusqu'aux extrémités dendritiques et une motilité courte distance qui précède le transfert des mélanosomes aux kératinocytes (**Marks and Seabra 2001**). La motilité longue distance est assurée par le réseau de microtubules tandis que la motilité courte distance est assurée par le réseau périphérique de filaments d'actine subcortical.

L'acheminement des mélanosomes *via* le réseau de microtubules s'effectue selon des mouvements antérogrades et rétrogrades qui dépendent des protéines motrices cytoplasmiques kinésine et dynéine (**Vallee et al. 1988**). En fonction de la polarité du microtubule, deux types de mouvements peuvent être envisagés. Dans le cas d'une polarité uniforme, la kinésine assure les mouvements antérogrades et la dynéine le mouvement inverse alors que dans le cas d'une polarité mixte, les deux moteurs protéiques collaborent dans les deux directions. En plus de son rôle dans le transport rétrograde des vésicules cargo, la dynéine est également impliquée dans la fusion endosome et l'adressage de certains récepteurs (**Watabe et al. 2008**). La spectrine est une protéine du cytosquelette qui intervient également dans la motilité longue distance. La spectrine se fixe sur tous les systèmes filamenteux et relie les membranes et les protéines du cytosol aux éléments du cytosquelette (**De Matteis and Morrow 2000**). Celle-ci forme des échafaudages multifonctionnels avec des protéines membranaires, cytosoliques et certains phospholipides via des protéines adaptatrices (AP). Au cours de la biogenèse du mélanosome, spectrine et dynéine coopèrent pour retarder le transport des mélanosomes jusqu'à la fin de leurs approvisionnements en protéines mélanosomiques, indispensables à leurs maturations (**Hirobe and Abe 2007a, 2007b; Hirobe et al. 2007b; Hirobe et al. 2007a; Kural et al. 2007**). La protéine Palladin et son ligand syntaxine 13 (membre de la famille des SNAREs) sont également susceptibles d'intervenir dans le mécanisme d'approvisionnement du mélanosome.

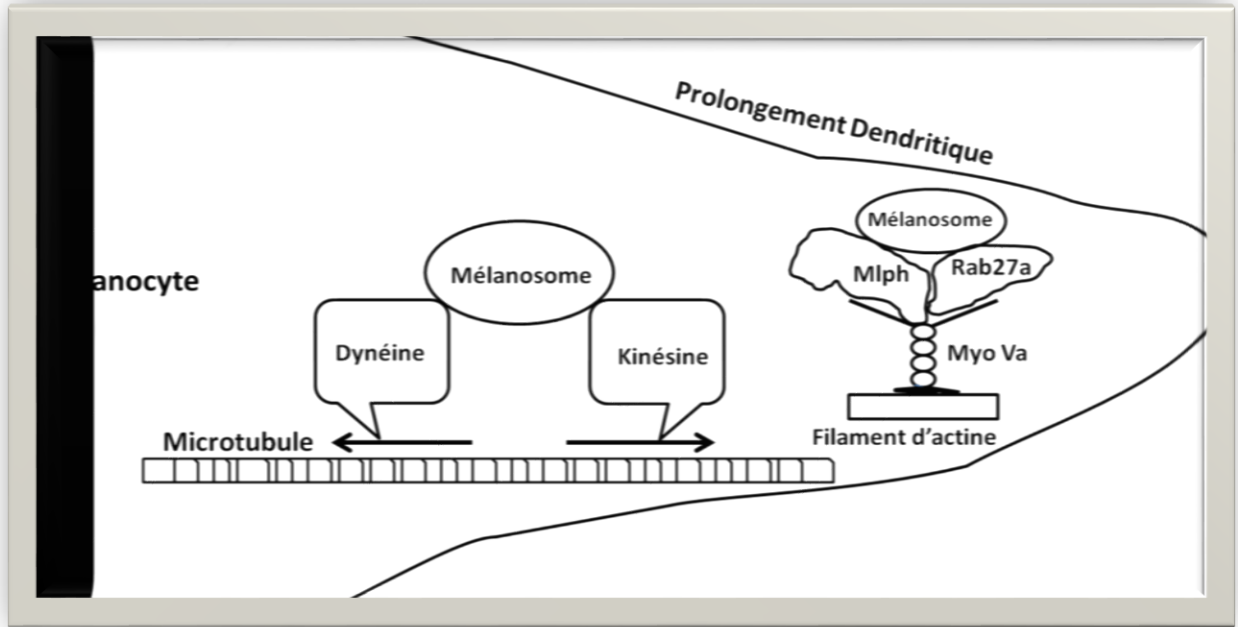


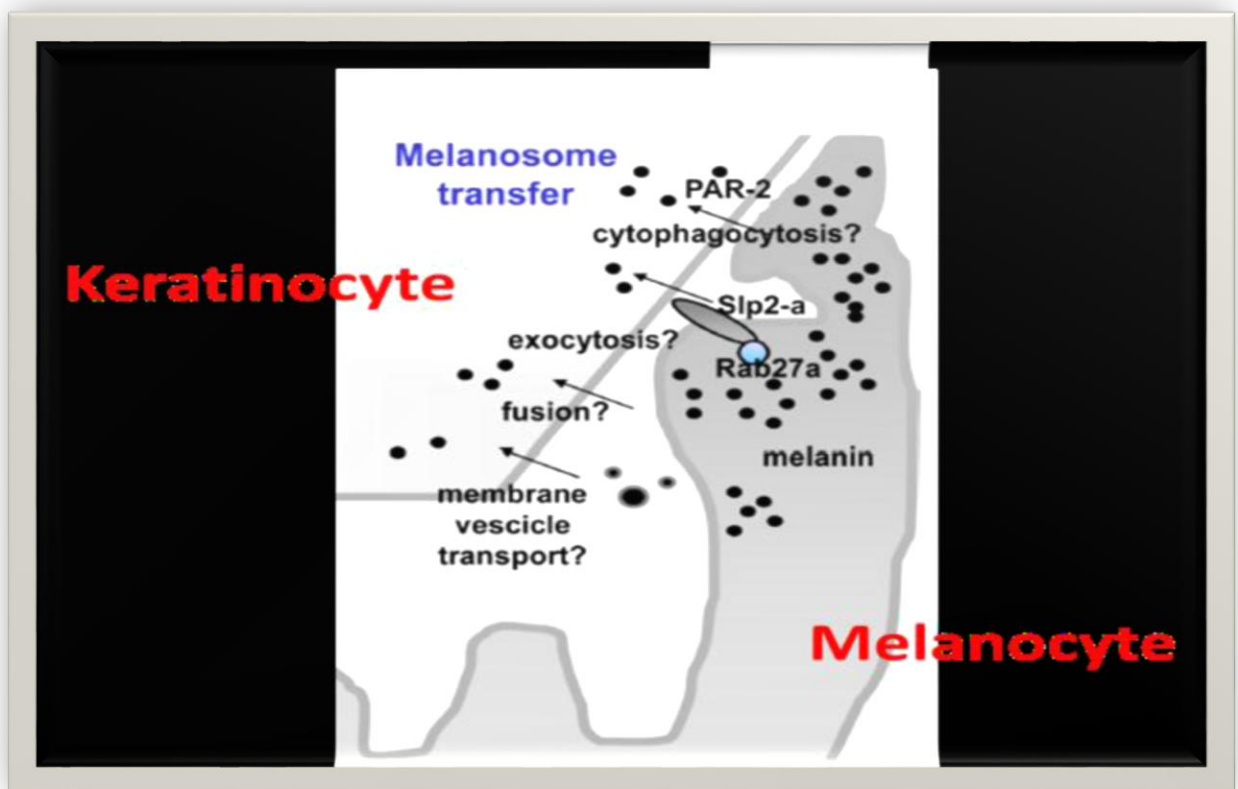
Figure 15 : schéma du transport des mélanosomes

### 1-5 Transfert des mélanosomes aux kératinocytes

Les données acquises sur les mécanismes de transfert des mélanosomes et/ou de mélanines aux kératinocytes proviennent pour la plupart d'études de Co-cultures des deux types cellulaires (Scott et al. 2002). Quatre modes de transfert des mélanosomes ont été proposés (Figure 16). Le premier implique la phagocytose des extrémités dendritiques par les kératinocytes ; le second met en jeu le transfert physique des mélanosomes *via* un pore de communication intercellulaire appelé filopode (Scott et al. 2002); le troisième implique l'exocytose des mélanines par le mélanocyte suivie de l'endocytose par les kératinocytes (Van Den Bossche et al. 2006); le quatrième mécanisme implique l'export des mélanosomes *via* des vésicules membranaires qui sont intégrées aux kératinocytes soit par fusion membranaire soit par phagocytose (Van Den Bossche et al. 2006).

Le mécanisme de transfert des mélanosomes par exocytose est le plus classique et également le plus attrayant. Les mélanosomes étant des organites apparentés aux lysosomes, il est tentant d'émettre l'hypothèse d'un mécanisme d'exocytose régulé et analogue entre ces deux organites. Les longues demi vies observées pour les protéines membranaires intégrales du mélanosome de stade IV (Kobayashi et al. 1998; Halaban et al. 2001) laissent supposer le recyclage de celles-ci dans les mélanosomes nouvellement formés. Seul le mécanisme

d'exocytose suivi d'endocytose permet ce recyclage, par contre les autres modes de transfert requièrent un « *turn-over* » continu de ces protéines, étant donné que la membrane du mélanosome est transmise au kératinocyte (Marks and Seabra 2001).

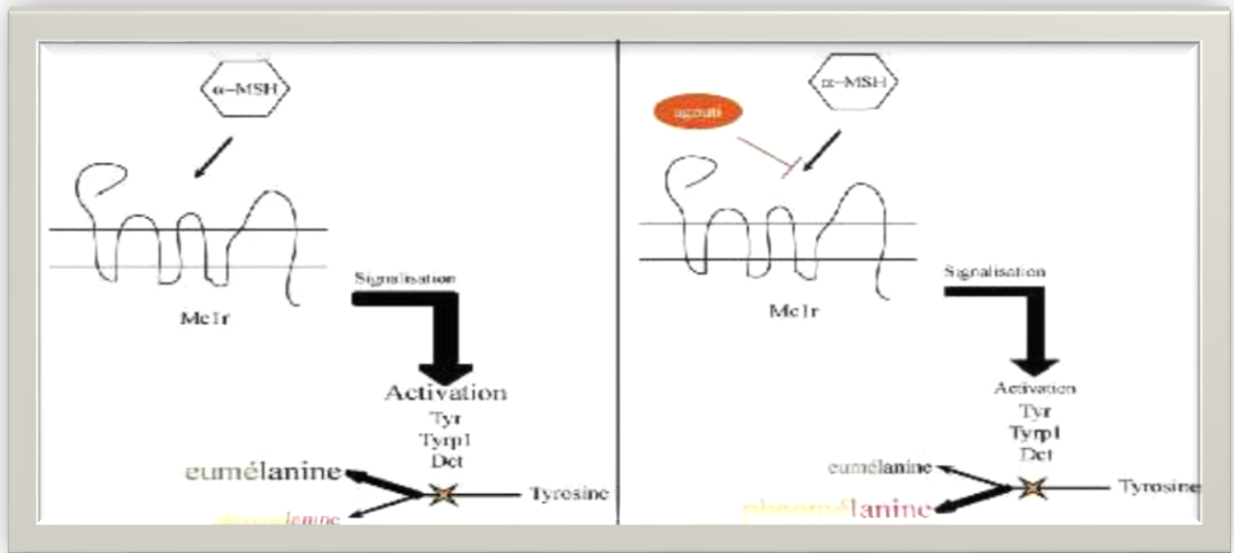


**Figure 16** : Modes de transfert des mélanosomes aux kératinocytes (Yamaguchi and Hearing 2009).

### 1-6 Role du récepteur MC1R

Le récepteur Mc1r (melanocortin-1 récepteur) 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 melanocyte, on le considère généralement comme la tour de contrôle de la melanogenèse 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  $\alpha$ -MSH, et

d'un antagoniste, la protéine Agouti. La liaison d' $\alpha$ -MSH avec Mc1r provoque la synthèse préférentielle d'eumélanine alors que la fixation d'Agouti est responsable de la synthèse préférentielle de pigments pheomélaniques (Figure 17).



**Figure17.** Rôle de Mc1r dans la pigmentation.

# Chapitre III

## La génétique de *La coloration* *chez les bovins*

## **1-La coloration de la robe chez le bovin**

La couleur de la robe a pendant longtemps fasciné les éleveurs et les généticiens. Les premières expériences de génétique, réalisées durant la 1<sup>ère</sup> moitié du 20<sup>ème</sup> 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.

## **2-Les patrons de coloration**

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. Chez le bovin, il existe une grande diversité de la couleur de la robe (figure 18).



**Figure 18** : Quelques patrons de la coloration de la robe chez le bovin.

### **3- Déterminisme de la couleur de la robe chez les bovins**

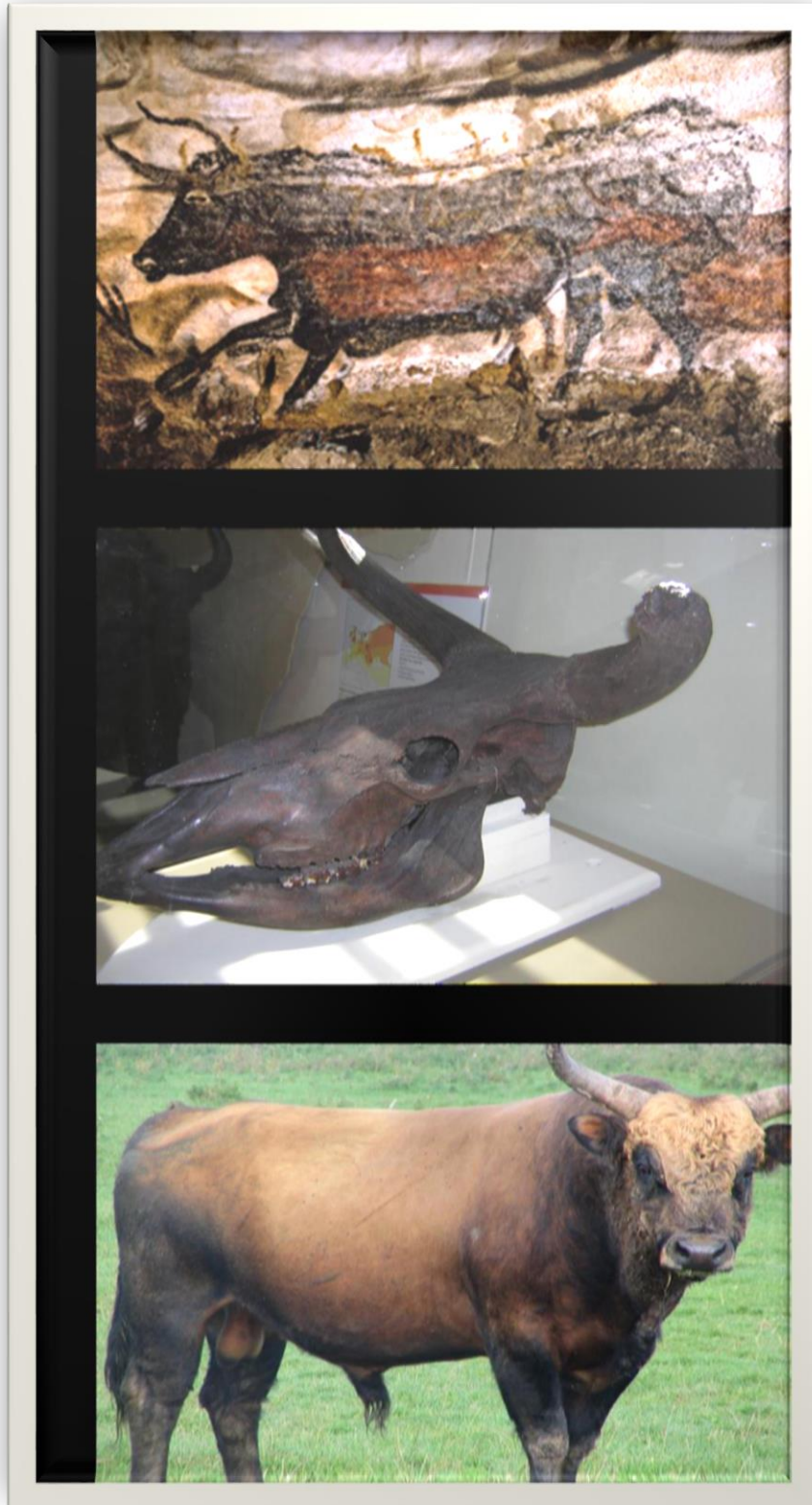
#### **3-1. LOCI impliqués dans la coloration des races bovines**

Les colorations des robes des bovidés ont toujours été une source de fascination pour l'homme. Les peintures rupestres de bovidés présentes sur les parois de la grotte de Lascaux témoignent de cet intérêt préhistorique (Figure 19). C'est vers le 20ème siècle que les sélectionneurs ont commencé à produire des bovins *Bos Taurus* avec des robes possédant des profils de couleurs et de tâches plus ou moins uniformes, comme un outil pour l'identification des races. L'étude de caractères phénotypiques et de leurs variations requiert un référentiel



qui souvent désigne le phénotype sauvage. Dans le cas de la pigmentation des bovins, le type sauvage correspond à la robe fauve (rouge/brune) presque noire (brune/noire) de l'aurochs (Figure 19), unique ancêtre de la plupart des races bovines européennes (Olson 1999).

L'aurochs, *Bos primigenius* était un animal sauvage rustique, très résistant au froid et à l'humidité et de grande taille (2 m au garrot). Venu d'Eurasie, il s'installe en Europe à la fin de l'ère cénozoïque, juste avant la grande période de glaciation. La robe de l'aurochs n'était pas uniforme, celle-ci présentait des variations de coloration au niveau des extrémités (tête, nuque, patte et postérieur) qui étaient plus sombres. De plus, les mâles avaient une robe plus sombre comparée à celle des femelles. De la même façon, les animaux présentant un phénotype de couleur sauvage ont tendance à avoir les extrémités plus sombres. La plupart des variantes par rapport au type sauvage sont rouges ou noirs uniformes. Les autres types de coloration correspondent à de simples modifications de proportion des trois couleurs principales : noire, rouge/brun (sauvage) et rouge. En général, les variations de coloration peuvent correspondre à des dilutions d'une de ces couleurs ou voir même une disparition totale. La robe du bovin peut être simple, composée ou modifiée. Une robe est dite simple lorsqu'elle est la conséquence d'un seul pigment ; composée lorsqu'elle présente des charbonnures ou des bringeures ; et modifiée, lorsque la robe de base éventuellement charbonnée ou bringée subit une modification telle que le grisonnement, la bigarrure ou la panachure. Ainsi, un bovin peut être de coloration blanche, blonde, froment, brune, rouge, noire, grise, pie rouge, pie noire, pie bleue (Etc...) et même tricolore. Pour expliquer les variations de coloration entre les races, plusieurs loci sont proposés. La combinaison d'allèles des gènes impliqués dans la coloration démontrée ou putatifs aux différents loci permet d'expliquer ces différences phénotypique (Table 1).



**Figure 19** : Représentations de l'aurochs, *Bos primigenius*

- A) Peinture de bovidés datant du paléolithique,
- B) Crâne d'aurochs
- C) Aurochs reconstitué

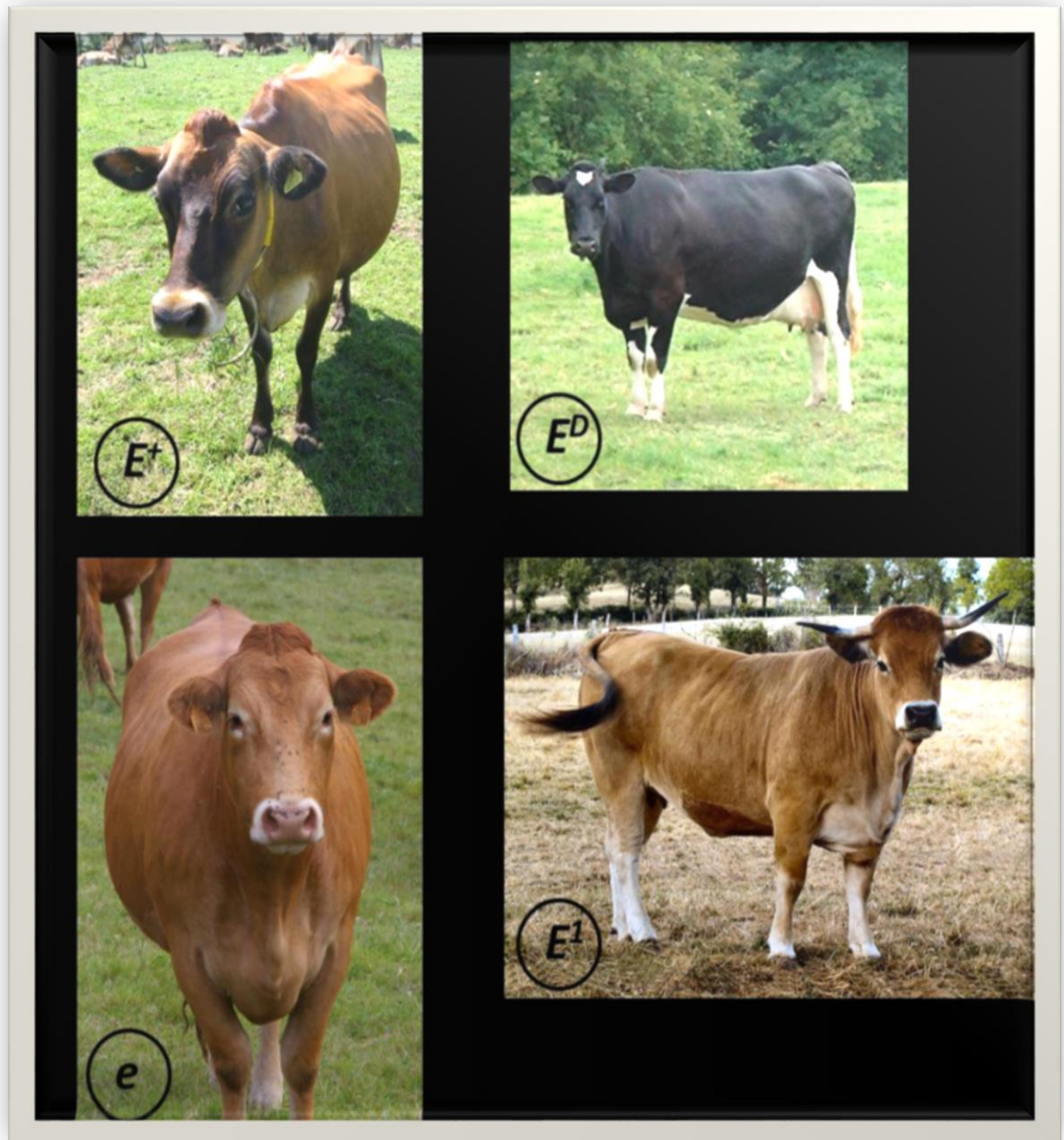
Locus	Nom	Allèles	Description	Rapport de dominance	exemples
E	Extension	E <sup>D</sup>	Noir Uniforme	Dominant	Prim'Holstein
		E <sup>+</sup>	Brun/Noir avec des extrémités plus sombres	-	Jersey
		e	Rouge	Récessif par rapport a E <sup>D</sup> et E <sup>+</sup>	Limousine
Br	Brindle	Br	Bandes irrégulières noires sur fond brun/rouge	Dominant sur l'absence de bringueure	Normande
A	Agouti	A <sup>bp</sup>	Modificateur du type sauvage, entièrement noir, n'est pas influencé par le sexe	Dominant en présence de E <sup>+</sup> , hypostatique par rapport à E <sup>D</sup>	Prim'Holstein
		α <sup>w</sup>	White-bellied : perte du rouge et distribution plus uniforme du noir	Récessif	Brown Swiss
		α <sup>i</sup>	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) a 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 <sup>H</sup>	Hereford pattern/face, queue, pieds blancs	Dominance incomplète	Hereford
		S <sup>P</sup>	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 pigmenté	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).

### 3-1-1. Gène EXTENSION

Le gène *EXTENSION* code pour le facteur responsable de la majeure partie des variations de coloration observée chez les races bovines. Localisé sur le chromosome 18, il code pour le récepteur Mc1r des hormones mélanocortines (**Robbins et al. 1993; Klungland et al. 1995**). Ce gène existe sous trois formes alléliques: *E<sub>D</sub>*, *E<sub>+</sub>* et *e*. L'allèle *E<sub>D</sub>* engendre un phénotype noir à transmission dominante, *E<sub>+</sub>* est l'allèle sauvage permettant toutes les combinaisons du rouge au rouge/brun et noir, et *e* est l'allèle rouge récessif. Le rapport de dominance de ces allèles est :  $E_D > E_+ > e$ . Le récepteur Mc1r codé par la forme allélique sauvage *E<sub>+</sub>* peut être stimulé par l'agoniste  $\alpha$ -MSH et inhibé par l'antagoniste Agouti pour

produire différentes quantités d'eumélanine et de phéomélanine respectivement. L'allèle *E<sub>D</sub>* porte une substitution, d'une Thymine par une Cytosine en position 296 de la partie codante du gène *EXTENSION*, ce qui se traduit par la substitution de l'acide aminé leucine en position 99 par une proline (**Klungland et al. 1995**). Cette mutation ponctuelle rend Mc1r constitutivement actif ce qui stimule la production d'eumélanine par l'intermédiaire de la tyrosinase. L'allèle *E<sub>D</sub>* produit par exemple, le phénotype noir observé chez la race Prim'Holstein (Figure 20). L'allèle *e* se caractérise par un changement du cadre de lecture due à la délétion d'une Guanine en position 310, ce qui produit une protéine tronquée (**Klungland et al. 1995; Joerg et al. 1996**). Chez les individus portant cet allèle, le récepteur Mc1r ne peut pas être stimulé ; cependant la phéomélanine continue d'être produite dans les mélanocytes. Cet allèle est retrouvé entre autres chez les races Limousine, Blonde d'Aquitaine et Charolaise. Un quatrième allèle *E<sub>I</sub>* contenant une insertion de 12 paires de bases en position 669 de la partie codante a été identifié chez les races Gasconne et Aubrac (**Rouzaud et al. 2000**). Cette mutation conduit à une duplication de quatre acides aminés dans la troisième boucle cytoplasmique du récepteur, connue pour interagir avec les protéines G. Cet allèle est responsable d'une augmentation plus importante du niveau intracellulaire d'AMPc comparé à l'allèle sauvage *E<sub>+</sub>*, sans qu'il n'y ait d'incidence sur le rapport eumélanine/phéomélanine entre les animaux portant chacun l'un des deux allèles (**Graphodatskaya et al. 2002**).



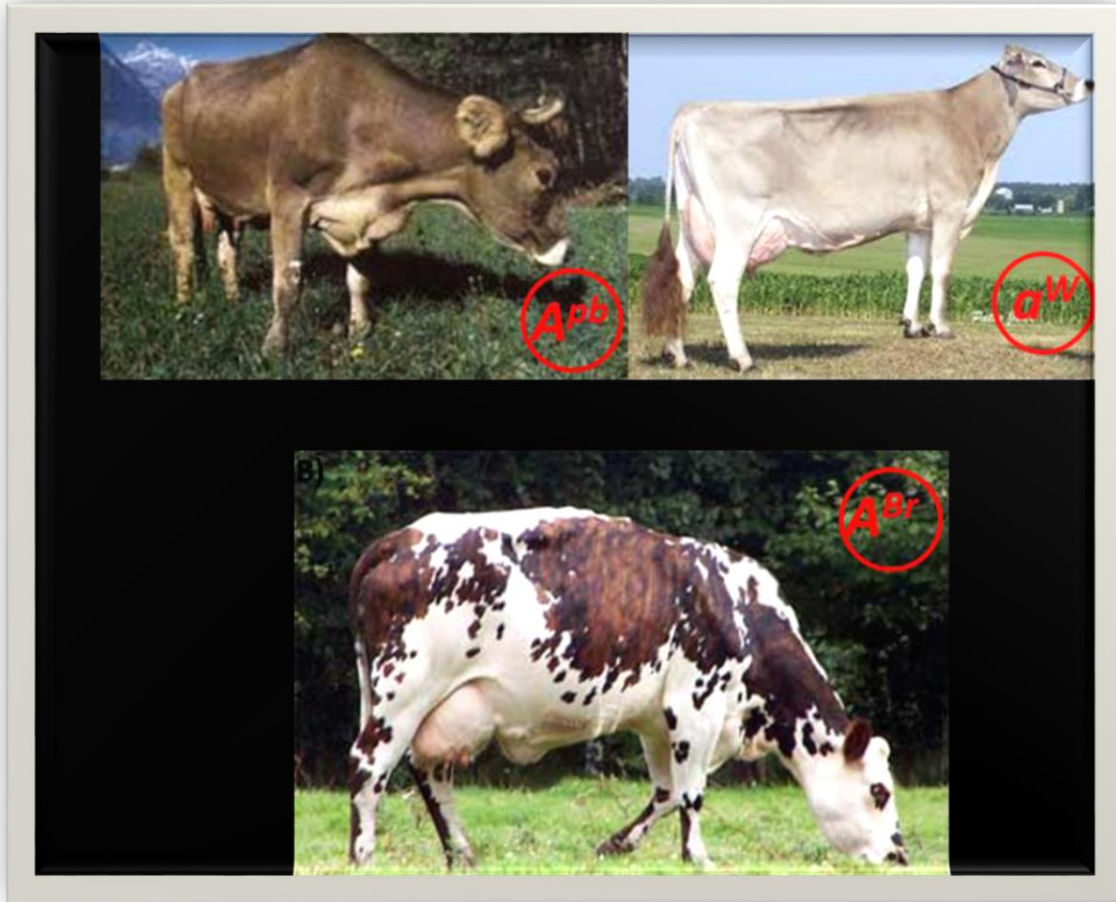
**Figure 20 :** Exemples de bovins portant les différents allèles définis pour le gène *EXTENSION*. A) Vache de race Jersey, B) Vache de race Prim'Holstein, C) Vache de race Limousine, D) Vache de race Aubra

### 3-1-2. Gène *AGOUTI*

Les mutations au locus *AGOUTI* bovin restent très peu connues en dépit de recherches réalisées par différents auteurs (Lauvergne and Ollivier 1966; Searle 1968; Olson 1982; Adalsteinsson et al. 1995). A ce jour, la plupart des allèles bovins ont été désigné par rapport aux allèles connus chez d'autres espèces ayant des similarités phénotypiques avec des races bovines. Les mutations décrites dans le gène *AGOUTI* conduisent à une modification de

l'expression du profil de coloration sauvage ( $E+$ ). Ce gène existe sous 6 formes alléliques :  $A+$ ,  $a$ ,  $Apb$ ,  $ai$ ,  $aw$  et  $Abr$ . L'allèle *Agouti*  $A+$  sauvage, permet à la fois l'expression de pigments rouge et noir (Olson 1999), de même que l'allèle récessif  $a$  ; par contre ce dernier à l'état homozygote produit un pelage noir uniforme (Adalsteinsson et al. 1995). L'allèle  $a$  n'aurait aucune influence sur la coloration en présence des génotypes ( $e/e$ ) ou ( $ED/-$ ). Une modification du phénotype sauvage se traduisant par une augmentation de la coloration noire sur presque tout le corps de l'animal, est attribuée à l'effet de l'allèle *Agouti*  $Apb$  (patterned blackish (Tableau 1) (Majeskie 1970). Le génotype  $Apb/Apb$  insensible aux effets du sexe sur la coloration, serait probablement responsable du profil de coloration noire observé chez les races Jersey (Figure 20), Brown Swiss (Brune des Alpes) (Figure 21) ou Prim'Holstein (Olson 1999). L'allèle récessif  $ai$  pourrait être responsable de la coloration plus claire du ventre des races Limousine et Jersey (Figure 20, Tableau 1). Les modifications du profil de coloration sauvage rencontrées chez la race Brown Swiss correspondant à une perte de pigmentation rouge et un ventre blanc, sont attribuées à l'allèle  $aw$  (White-bellied). L'allèle  $Abr$  et sa mutation sont bien étudiés, il a été identifié chez la race Normande (Figure 21). L'allèle  $Abr$  correspond à l'insertion d'un élément transposable (LINE) dans la région située entre le promoteur et l'exon 1 du gène AGOUTI. Cet allèle est associé à la bringueure (brindle) de la race Normande (Girardot et al. 2006). Ces bringueures sont également observées chez les races Texas Longhorn et Dolafe. Le phénotype de bringueure correspond à la présence de bandes noires verticales irrégulières sur tout le corps de l'animal ou parfois confinées à la tête, au cou et au postérieur. La couleur du fond (entre les bandes) varie en fonction des allèles des autres gènes. L'expression phénotypique de l'allèle  $Abr$  requiert un allèle sauvage du gène *Mc1r* ( $E+/E+$  ou  $E+/e$ ). Le gène *Agouti* est 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 bringueure. De plus, l'allèle  $Abr$  est incapable de modifier la couleur noire du pelage due à l'allèle  $ED$  (Girardot et al. 2006).





**Figure 21** : Exemples de bovins portants différents allèles définis pour le gène *AGOUTI*.  
A) Vaches de race Brown Suisse (Brunes des Alpes), B) Vache de race Normande.

### 3-1-3. Gène ALBINO

Les mutations dans le gène *C*, responsables de l'albinisme, sont très répandues chez les mammifères mais demeurent occasionnelles chez les races bovines. La principale caractéristique de ces mutations est la dépigmentation partielle ou totale de la peau, de la robe et des yeux. Les animaux mutés dans le gène *ALBINO* (*c/c*) sont ni conservés ni utilisés en reproduction, en raison d'une très grande sensibilité à la lumière particulièrement au niveau des yeux, due à l'absence de pigments protecteurs dans la rétine. Cependant, des cas d'albinisme ont été décrits en détail chez la race Frisonne Pie Noire (Prim'Holstein) et Brune des Alpes (Weber et al. 1964). L'albinisme décrit chez la race Frisonne Pie Noire est partiel car chez ces animaux, une coloration grisâtre se développe au niveau de l'iris avec l'âge. En plus, au niveau des tâches normalement noires de la robe, on observe un profil de coloration particulier appelé « ghost pattern » (« profil d'ombre »); le déterminisme semble être de type autosomal récessif (Cole et al. 1934; Petersen et al. 1944). D'autres cas d'albinisme avec une

coloration grisâtre de l'iris sans « le profil d'ombre » ont été rapportés (Weber et al. 1964). L'albinisme décrit chez la race Brune des Alpes correspond à une absence totale de pigment dans la peau, les muqueuses, le poil et les yeux. Les veaux albinos de cette race 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 analyses génétiques ont révélé que le phénotype « albinos » de ces animaux était autosomal récessif (Weber et al. 1964).

### **3-1-4. Gène DUN**

La mutation du gène *DUN* agit de la même manière que la mutation Chinchilla *ch* connue chez certaines espèces mammifère comme le chien (Berge 1961). Le gène *DUN* est responsable entre autres des couleurs de pelage des races Brown Swiss, Brahman et Chianina (Figure 22). Chez ces races, les couleurs de pelage consistent en un éclaircissement de la pigmentation de base qui tend à être complètement supprimé sur le flanc de l'animal. De plus, les mutants *Dun* sont en général dépourvus de pigments rouges et leurs extrémités sont noires.





**Figure 22 :** Exemples de bovins portant l'allèle hypothétique *dn* du gène *DUN*.  
A) Vache et veau de race Brahman, B) Taureau de race Chianina.

L'allèle mutant hypothétique *dn* du gène *DUN* présente un caractère récessif incomplet par rapport à l'allèle normal *Dn+*. Il aurait donc un effet sur la coloration rouge, mais ne modifierait pas la coloration noire/brune (Berge 1961).

### **3-1-5 Gène 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  $B^f$  n'était pas présent, c'est-à-dire celles qui sont le plus influencées par l'action de  $\alpha$ -MSH. Autrement dit, la bringeure serait une modification du patron de coloration produit par l' $\alpha$ -MSH et le locus  $E^+$ .

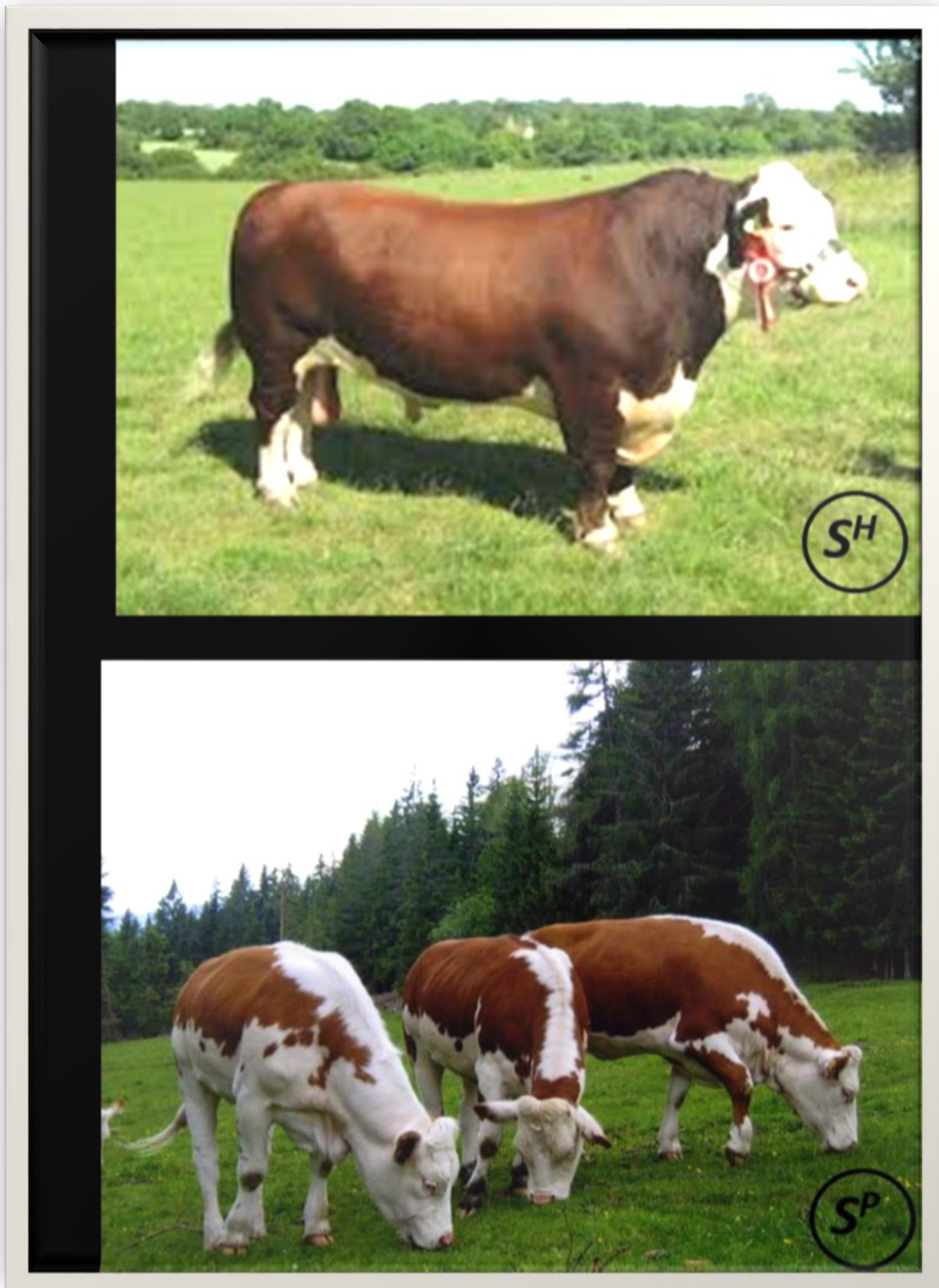
## **3-2. Phénotype white-spotting**

Le phénotype *white-spotting* ou piebaldisme correspond à des zones blanches dépourvues de pigments ; de taille et de forme variables, associées à la présence de zones pigmentées (Jackson 1994). Ce phénotype est caractéristique des races bovines Prim'Holstein, Montbéliarde, Hereford, Normandes et bien d'autres races de phénotype pie. Le terme générique *White-spotting* recouvre un certain nombre de génotypes comme le cas de la coprésence de plusieurs allèles du gène *spotting* (*S*) et/ou la combinaison de plusieurs allèles mutants (Olson 1980). Les mutations responsables du phénotype *white-spotting* sont décrites ci-dessous.

### **3-2-1. Mutants du locus *S***

Trois mutations du gène *Spotting* (*S*) sont proposées en plus de l'allèle sauvage  $S_+$  (Table 1) : L'allèle  $S_H$  est responsable à l'état homozygote du patron de coloration du bovin de race Hereford entièrement coloré sauf au niveau de la face, de la queue et des pattes (Figure 23). L'allèle  $S_P$  est responsable du patron de la race Pinzgauer ou lineback (ligne blanche sur le dos) (Figure 23). Ces bovins sont colorés 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 race

Prim'Holstein (Figure 20), est responsable d'un phénotype pie très irrégulier et en proportion variable. L'ordre de dominance est le suivant :  $S_H = S_P > S_+ > s$ . Ainsi, les animaux  $S_H/S_P$  issus de croisements des races Hereford x Pinzgauer, expriment à la fois une face blanche due à l'allèle  $S_H$  et une bande dorsale et un flanc blanc dus à l'allèle  $S_P$ .



**Figure 23** : Exemples de bovins portants différents allèles définis pour le gène *S* (Spotting).  
A) Taureau de race Hereford (Brunes des Alpes), B) Vaches de race Pinzgauer.

Une étude sur les proportions de blanc et de noir réalisée chez la race Prim'Holstein a démontré une variabilité considérable de l'étendu des tâches blanches allant de 5 à 95% de la surface de la robe (**Becerril et al. 1994**). Ces variations s'expliquent par la présence de facteurs quantitatifs modificateurs du degré de *white-spotting* et hautements héritables ( $\approx 90\%$ ). Le gène impliqué dans le phénotype pie de la Prim'Holstein a été localisé sur le chromosome 6 du bovin. Le gène candidat est *KIT* (**Grosz and MacNeil 1999**) qui code pour le récepteur impliqué dans le développement des mélanocytes en présence de son ligand Steel.

### **3-2-2. Mutants Blaze (Blason)**

Le gène *BLAZE* semble avoir un rôle dans un autre profil *white-spotting* correspondant aux tâches blanches observées sur la face des animaux de race Simmental et Prim'Holstein (**Olson 1999**) (Table 1).

### **3-2-3. 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 des animaux hétérozygote ( $R/r_+$ ) pour le gène *ROAN*. Les homozygotes sauvages ( $R/R$ ) sont blancs à l'exception des poils sur les oreilles, alors que les mutants homozygotes ( $r_+/r_+$ ) sont colorés et ne présentent pas le mélange de poils des deux types (Figure 24). Ainsi le phénotype *Roan* est le résultat de l'effet de codominance entre l'allèle ( $R$ ) exprimant le blanc et l'allèle ( $r_+$ ) exprimant la couleur. Une proportion des femelles homozygotes blanches ( $R/R$ ) présente les symptômes de la maladie *White Heife* (responsable de malformations génitales). La mutation responsable de cette maladie se trouve dans le gène Mast Cell Growth Factor (*MCF*) ou *Steel Factor* (**Seitz et al. 1999**) localisé sur le chromosome 5 du bovin (**Charlier et al. 1996**). Le ligand Steel du récepteur c-Kit impliqué dans la migration et/ou la prolifération des mélanoblastes serait complètement déficient chez les individus  $R/R$ , ce qui entrainerait l'absence de migration de ces cellules vers le follicule pileux (**Charlier et al. 1996**).





**Figure 24 :** Exemples de bovins porteurs de l'allèle *Roan* à l'état homozygote et hétérozygote. A) Taureau de race Blanc Bleu Belge de génotype ( $R/R$ ), B) Vache de race Shorthorn de génotype  $R/r^+$ , C) Taureau de race Shorthorn de génotype ( $r^+/r^+$ ).EXPOSE

Chez les animaux hétérozygotes cette migration est partielle, ainsi une proportion de follicules pileux ne serait pas colonisée par des mélanoblastes. Ceci implique que le nombre de mélanoblastes qui colonise un follicule pileux soit faible chez le bovin en général, ou chez les individus hétérozygotes, plus spécifiquement. La colonisation d'un follicule par un seul mélanoblaste serait alors suffisante pour générer le nombre de mélanocytes nécessaire à la formation d'un poil entièrement pigmenté, et expliquerait pourquoi les hétérozygotes ont un mélange de poils complètement pigmentés ou bien totalement blancs (Charlier et al. 1996).

### **3-2-4. Mutants colour-sided (Flanc coloré)**

Le profil de coloration lié aux mutations colour-sided ( $C_s$ ) est caractéristique, entre autres, de la race Texas Longhorn (Figure 25) et correspond à la présence de coloration uniquement au niveau des flancs de l'animal. Les animaux hétérozygotes présentent une bande blanche irrégulière sur les parties dorsales et ventrales ainsi que des tâches blanches sur la tête. Ces individus ont un « spotting » avec des bordures irrégulières de type *Roan*, différentes de ceux des individus  $S_P$ , qui ont des bordures bien délimitées (Olson 1999) (Table1). Les animaux homozygotes pour  $C_s$  expriment en général le profil « White Park » qui correspond à une robe blanche avec la présence de pigmentation au niveau des oreilles, du museau et de la partie inférieure des pattes (Olson 1999).

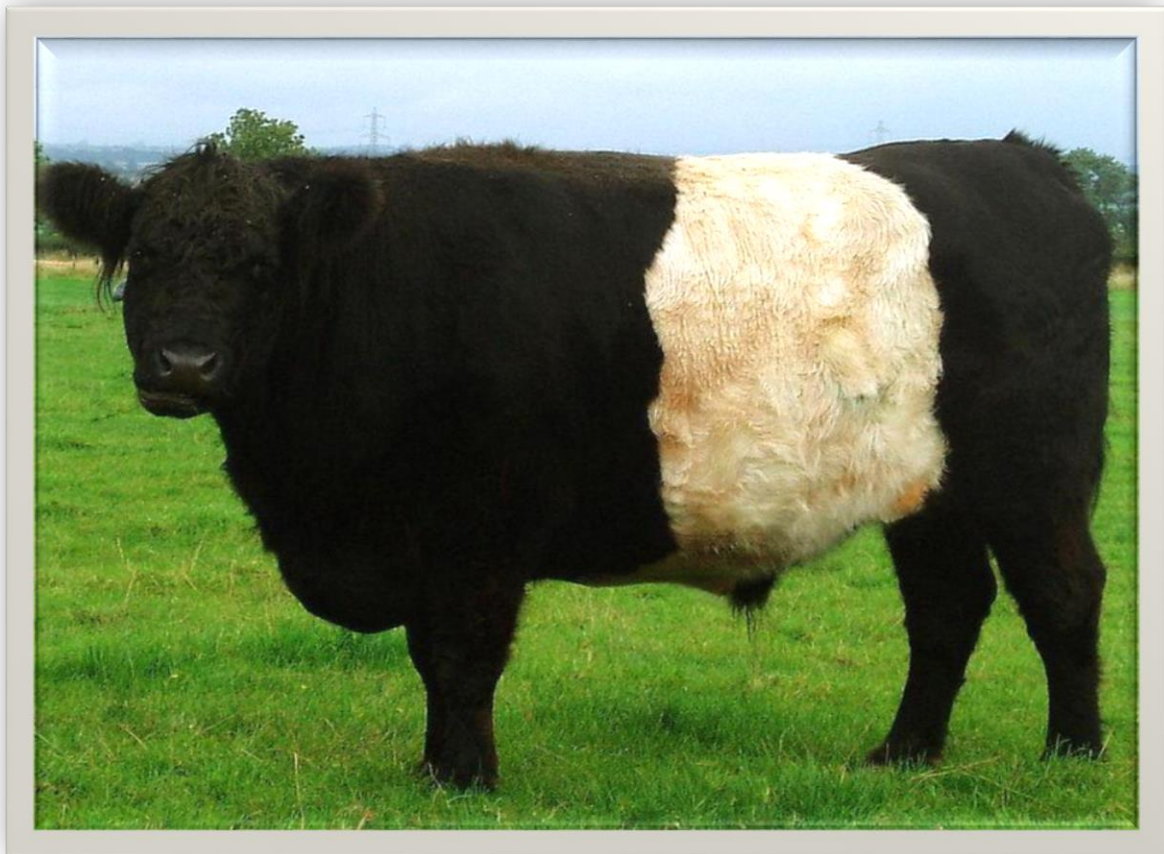


**Figure 25 :** Taureau de race Texas Longhorn, porteur de l'allèle  $C_s$  (*Colour-sided*).



### **3-2-5. Mutants Belted**

Le profil de coloration lié au phénotype *Bt* est typique des races *Dutch Belted* et *Belted Galloway* (Figure 26, Tableau 1) et correspond à une ceinture blanche sur un fond coloré localisée sur la partie médiane du corps. Comme c'est le cas pour l'ensemble des patrons white-spotting, des facteurs modificateurs sont responsables de la largeur et de l'uniformité de cette ceinture. La mutation responsable de ce phénotype n'a pas été identifiée chez le bovin. Cependant le même phénotype *belted* existe chez le porc et la mutation responsable de ce phénotype serait localisée dans les parties régulatrices du gène *c-Kit* (Giuffra et al. 1999).



**Figure 26** : Taureau de race Belted Galloway, porteur de l'allèle *Bt* (*Belted*).

### **3-2-6. Mutants Brockling**

La présence de la mutation *Bc* en combinaison avec les autres mutations white-spotting produit de la pigmentation dans les zones qui auraient été blanches en l'absence de *Bc* (Olson 1975). Pour exemple, un croisement entre Hereford et Angus où les descendants



héritent de l'allèle *Bc* d'Angus présentent des tâches pigmentées sur la face alors que celle-ci devrait être entièrement blanche en raison de la présence de l'allèle *SH*. Les races portant l'allèle *Bc* sont : Ayshire, Jersey, rouge Norvégienne et Normande. Un des avantages de ce gène pour les animaux de phénotype pie comme la Hereford, est la présence d'un profil de pigmentation autour des yeux pouvant limiter les risques de cancers oculaires (**Anderson 1991**).

# Partie expérimentale

# Chapitre I

## Milieu d'étude

## 1- Milieu d'Etude : Relizane

La wilaya de Relizane se situe au nord-ouest du pays, s'étend sur une superficie totale de 484.000 hectares, et se distingue par la diversité de ses paysages, par la richesse de ses terres agricoles et aussi par les deux reliefs montagneux (les monts d'Ouancharis au sud-est et les monts de beni-Chograne au sud-ouest) et également par sa position géographique stratégique qui fait d'elle un carrefour incontournable pour toute la région ouest.

Le secteur de l'agriculture est la vocation principale, et occupe une place particulièrement importante dans la vie économique de la wilaya.

La superficie agricole est de 298.250 hectares dont la majorité est située dans le bas chlef et la plaine de Mina.

La position géographique lui confère une deuxième vocation aussi importante que la première et qui réside dans la filière services (restauration, distribution de produits pétrolières et autres services).



Figure27: découpage de la Wilaya de Relizane

## 2- Situation géographique :

Relizane est la 48<sup>ème</sup> wilaya dans l'administration territoriale Algérienne. Elle se trouve au Nord-Ouest de l'Algérie.

La wilaya de Relizane est limitée :

- Au nord : par la Wilaya de Mostaganem, desservie par la RN90, la RN23 et RN04.
- Est : par la Wilaya de Chlef, desservie par la RN04 et le chemin de fer.
- Sud : par la Wilaya de Tiaret desservie par RN23 et RN90 et le chemin de fer.
- Sud-Est : par la wilaya de Tissemsilet
- Ouest : par la Wilaya de Mascara.

La wilaya de Relizane compte plus de 741.480 habitants, elle se compose de 38 communes réparties sur 13 Daïras.

### **3- Climat**

La wilaya a deux climats différents et est dominée par le climat méditerranéen chaud en été et un autre climat continental, chaud semi-aride qui est le climat du chef-lieu.

### **4- Barrage**

Cette wilaya comprend les barrages suivants :

- Barrage de Gargar ;
- Barrage de Sidi M'hamed Benaouda
- Barrage de Merdja Sidi Abed

### **5- L'agriculture dans la wilaya de Relizane :**

La vocation principale de la wilaya de Relizane 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 (18.715 têtes), l'élevage ovin (386.798 Têtes) et l'aviculture.

La superficie agricole totale est de 298.250 hectares et représente 61,62 % de la superficie totale de la wilaya qui est de 484.000 Ha.

La superficie agricole utile est de 282.738 ha soit 94,80% de la superficie agricole totale.

La superficie irriguée est de 29.075 ha soit 10,28% de la superficie agricole utile.

La wilaya est constituée essentiellement de zones rurales

La superficie forestière quant à elle est de 51.794 ha soit 10.70% de la superficie totale de la wilaya. Les forêts sont surtout constitués d'espèces végétales méditerranéennes avec la prédominance du pin d'Alep.

## **6- Site d'étude :**

Notre étude s'est déroulée à 42km du chef lieu de la wilaya de Relizane dans l'exploitation de Mr HAMRI Mostefa sise au Karia Safra dans la commune de Djidiouia. La superficie de l'exploitation est de 120 hectares répartie comme suit:

Céréaliculture: 40ha

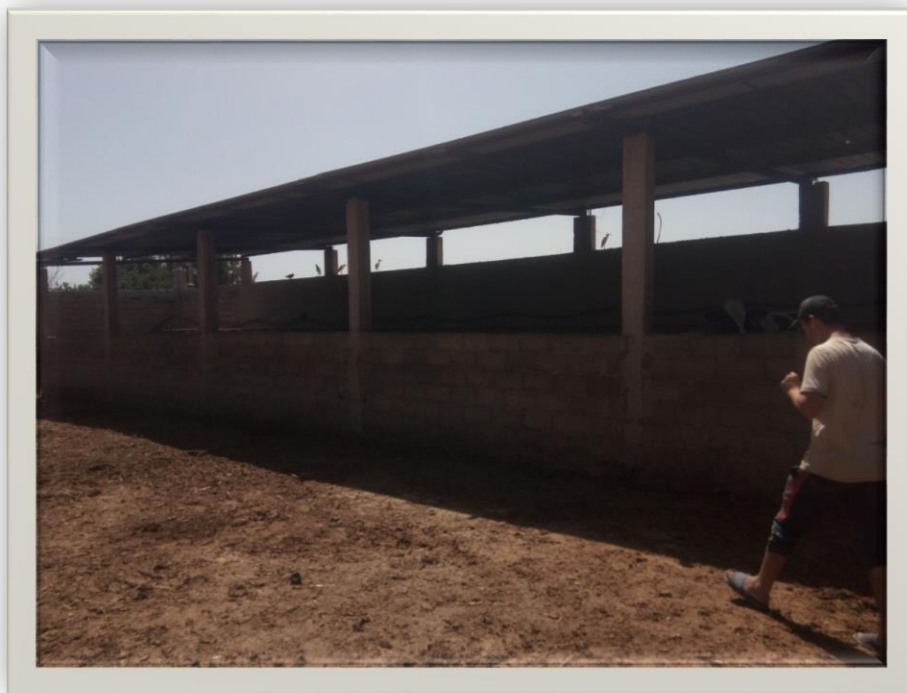
Arboriculture: 12ha

Cultures fourragère irriguée: 60 ha

Cultures maraîchère: 08 ha



**Figure28:** situation géographique de la ferme (image prunier par satellite)



**Figure29:** Photo d'une étable (500 M<sup>2</sup>)

## ***FICHE SIGNALITIQUE DE L'EXPLOITATION***

***-Dénomination: EXPLOITATION AGRICOLE HAMRI Mostefa***

***- Commune*** : Jdiouia

***- Daira*** : Jdiouia

***-Wilaya*** :Relizane

### **Assiette Foncière**

- Superficies Total : 120HA

- Superficies Agricole Utile: 120HA

Dont Irriguée : 120HA

### **Plan de main d'œuvre**

- 01 gérant -05 permanents -10 saisonniers

### **Ressources Hydriques**

- Réseau d'Irrigation : ONID Bas Chélif

- 03 forage: débit 07l/s

- 03 bassins capacité totale : 1700 m<sup>3</sup>

- 08 Kits aspersion.

### **Infrastructures**

- 05 étables : capacité 800 têtes

- 02 Bergeries : capacité 1000 têtes

- 01 Magasin

- 05 Hangars

- 01 Bureaux

### **Parc Matériel Agricole**

- GMP 03 Cylindres = 01

- 02 Tp : 65 cv

- 02 remorque ; 3 cover crop ; 2 charrues à soc ; 4citernes 3000l ; 2 groupes électrogènes

- 02 Véhicules légers



- 02 camions citerne pour collecte lait

### **Répartition de la SAU**

- Arboriculture

Olivier sigoise : 10Ha jeune plantation + 02 ha grenadier (jeune plantation)

- Maraichage : artichaut 08 ha
- Fourrage vert : 60 ha (Orge vert+sorgho + trèfle)
- Céréales : 40ha

### **Elevage**

- 228Têtes de Bovins dont :
  - 147 Vaches Laitieres
  - 55 Génisses et Veaux, 20 Velles ,06 taureaux
- 3075 litres de lait livrés par jour à l'unité TREFLE (123 vache en lactation)

### **Ovin**

- 470 têtes Dont 293 brebis

### **Equipement laitier**

- 05 cuves réfrigérants' d'une capacité de 450 litres, 06 chariots trayeurs et 02 broyeurs aliment.

- 01 salle de traite de 16 vaches.

### **Programme de développement 2020-2025**

- Projet d'une 2<sup>ème</sup> salle de traite.
- Projet d'une mini laiterie de 10000 l/jours.
- Projet de 10 ha d'olivier à planter.

# Chapitre II

## Matériels et Méthode

## 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 (il a été réalisé à l'œil une et par la photographie).

### 2- Matériel expérimental:

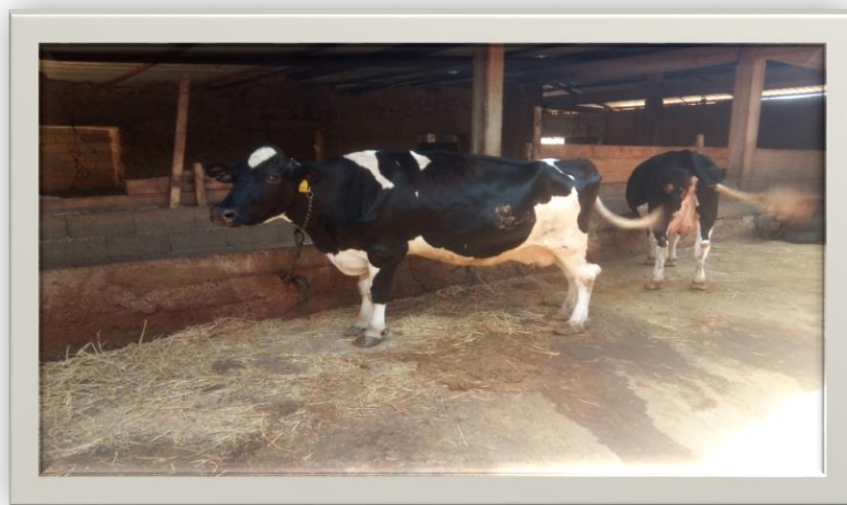
#### 2-1 Matériel animal :

L'étude est portée sur un effectif total de 147 têtes bovines comprenant 2 races :

- 100 Race Holstein (race allemand).



**Figure 30 :** Vache de race *Holstein pie rouge*



**Figure 31 :** Vache de race *Holstein pie noir*

- 47 Race Montbéliarde (race française).



**Figure 32:** Vache de race Montbéliarde

123 Vaches en lactation et produisent environ 3075L/J ce qui nous donne une moyenne de 25 litre/vache quelque vaches produisent 40 L /J en début lactation jusqu'à 3 - 4<sup>eme</sup> mois selon déclaration d'éleveur (10 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. Par exemple vache en entretien 5kg/j, vache en production et en gestation 10kg/j(besoin énergétique élevée).

### **2-2-2 La reproduction:**

Le mode de lutte est libre, la reproduction est assurée par 06 males de la race montbéliarde.

### **2-2-3 La prophylaxie :**

La prophylaxie est parfaitement maitrisée. Suivi par l'ingénieur de l'ONIL, docteur vétérinaire privé et chaque 6 mois fait prélèvement du sang pour donné l'agrément sanitaire préparé par l'inspecteur de wilaya. La vaccination contre quelque maladie assurée par l'état chaque année.

### **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
- L'inspecteur vétérinaire de l'état qui fait le prélèvement Dr BENMOSTEFA Djelloul (agrément sanitaire)
- Vétérinaire privé Dr ALEM Mohamed (suivi de cheptel)
- L'ingénieur de l'ONIL qui est suivi le cheptel (conseiller agricole de la région du djidiouia) Mr : BELAID Moured
- Fiche d'identification
- Agrément sanitaire
- Planning d'étable.
- Un appareil numérique pour la numérisation des photos

## FICHE D'IDENTIFICATION

Nom de l'éleveur : .....

Adresse : .....

Région : .....

Wilaya : .....

Numéro d'agrément : .....

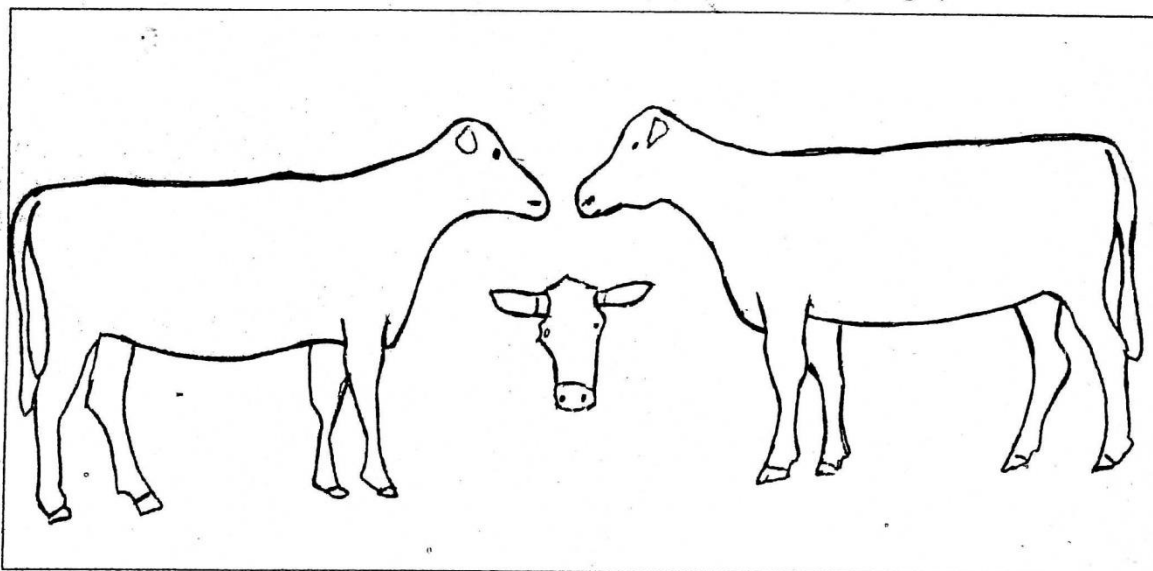
Numéro de la velle : ..... Race: .....

Date de naissance de la velle : .....

Numéro de la mère : ..... Race : .....

Numéro du père : ..... Race : .....

**Silhouette de la velle:** (Colorier les tâches de la velle, vous pouvez inclure une photographie si vous le désirez)



Remplie et certifiée par : .....

En date du : .....

**Pièces à fournir :** (Copies originales obligatoires)

- 1 - Bulletin d'insémination de la mère ou certificat d'importation
- 2 - Certificat de gestation pour la velle issue de génisse inséminée localement
- 3 - Bulletin de naissance de la velle

Figure 33 : Fiche d'identification (photo scannée)

### **3-2 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

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 observé 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.

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.

# **Chapitre III**

## **Résultats et discussions**



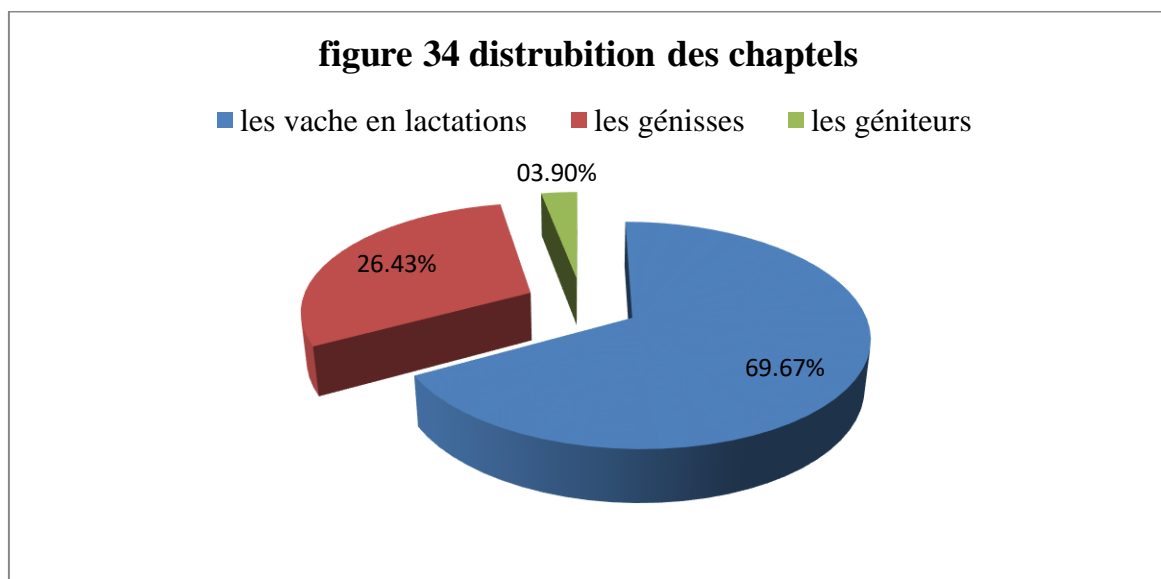
## Résultats et discussions :

### 1- La distribution des effectifs dans le cheptel

Nombre d'effectif	Holstein	Montbéliarde
Pie noir	<b>60</b>	/
Pie rouge	<b>40</b>	<b>47</b>
Vaches en lactation	<b>123</b>	
Génisses et taurillon	<b>55</b>	
Les géniteurs	/	<b>06</b>
Totale	<b>147</b>	

**Tableau 02:** 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.



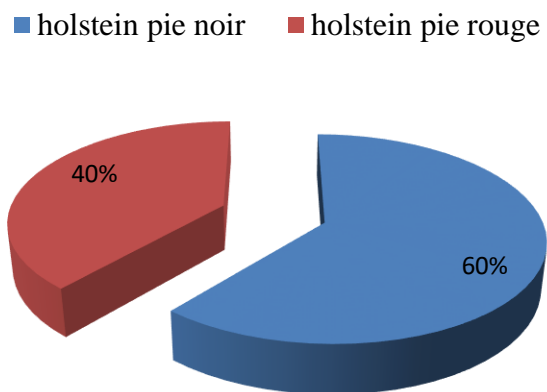
D'après le dénombrement des effectifs selon l'âge on constate que le nombre de vaches en lactation (69.67%) est supérieur à celui des génisses et taurillons (26.43%) et géniteurs (03.90 %) ;

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 » = 60 %
- ✓ « Pie rouge » = 40 %

Figure 35 distributions de couleur de la robe Holstein



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

Figure 36 distributions de couleur de la robe Montbéliarde

■ monbéliarde

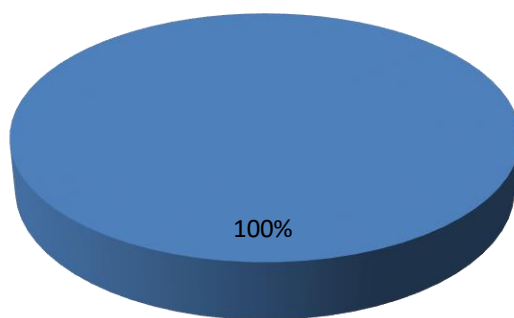
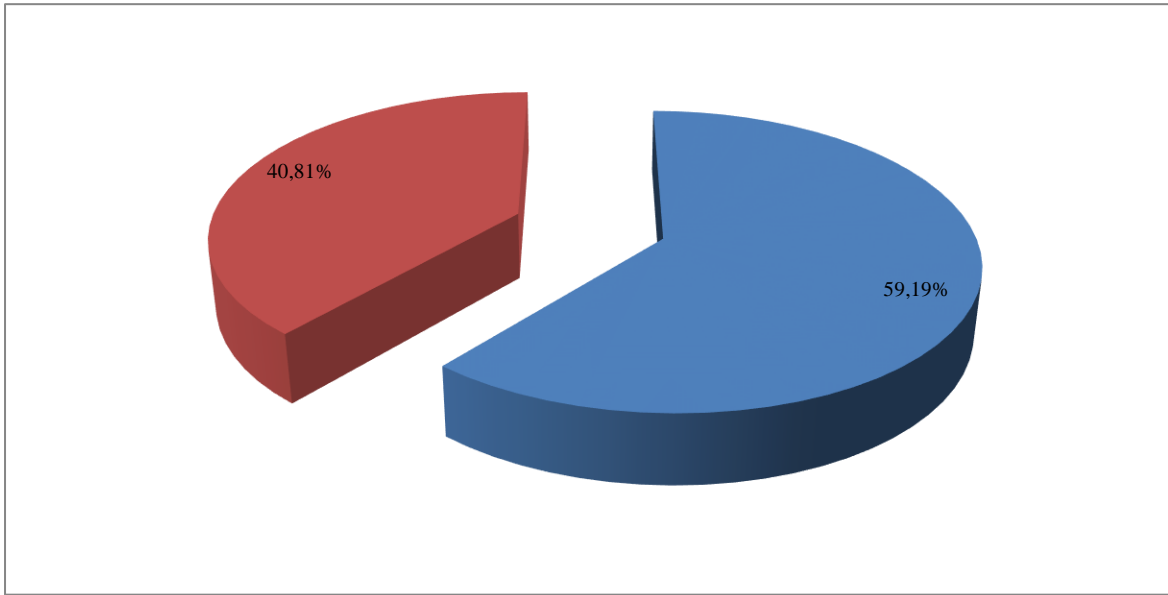


Figure 37: La distribution de la couleur pie noir et pie rouge chez le cheptel.



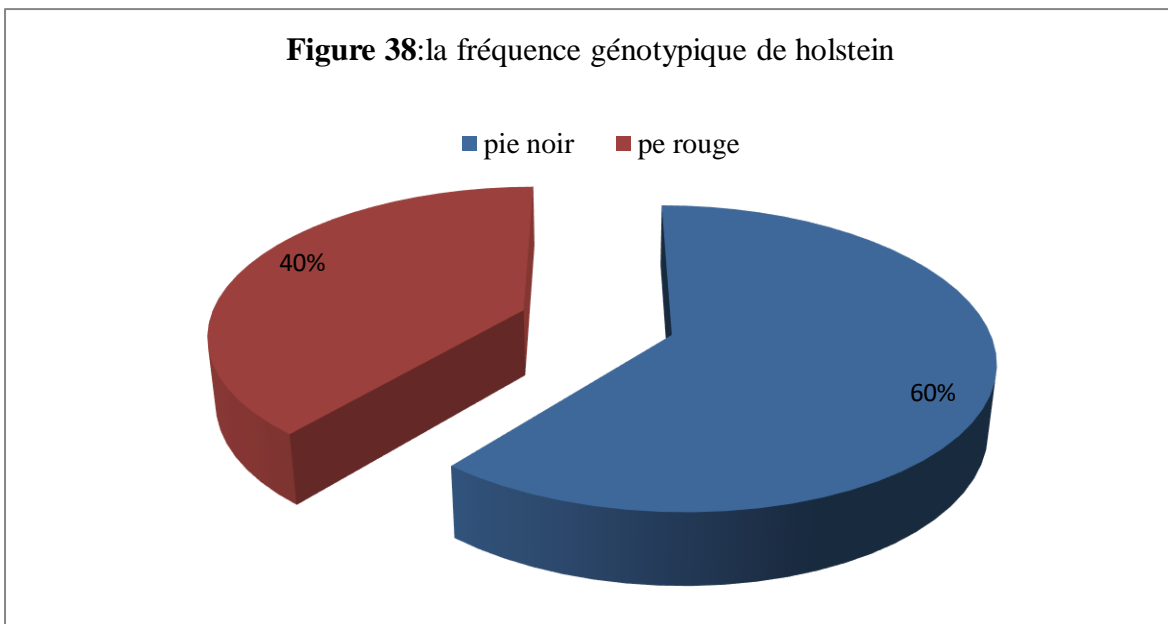
La couleur dominante de la robe pie rouge 59,19 %, par contre la couleur pie noir est 40,81% du cheptel.

## 2- Fréquences génotypiques :

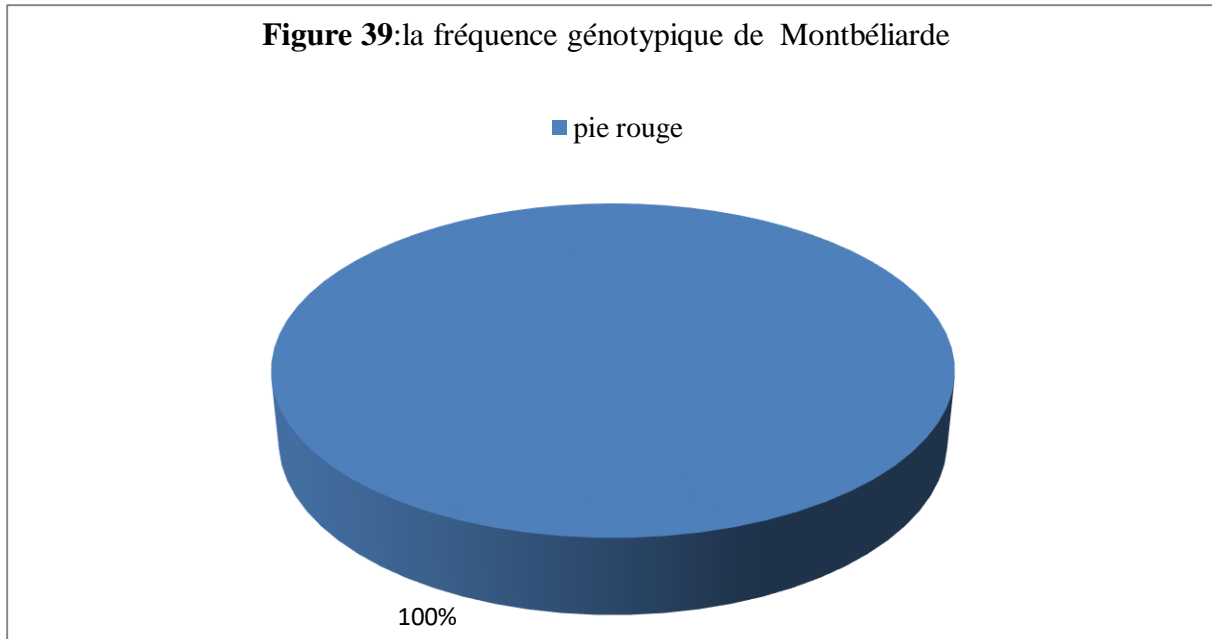
### 2-1 Fréquences génotypiques de la Holstein :

✓ «Pie noir » = 0,60 60%

✓ « Pie rouge »=0,40 40%



## 2-2 Fréquences génotypiques de la Montbéliarde : sont de 100% « pie rouge ».



La couleur dominante de la race Montbéliarde « pie rouge » 31,97% par contre chez la Holstein c'est la « pie noir » qui représente 40,81 % de l'effectif alors que de la « pie rouge » n'est que de 27,22 % donc La couleur dominante pie rouge 59,19% du cheptel,

### 3- Fréquences alléliques :

#### 3-1 Hypothèse :

Nous partons avec l'hypothèse que le phénotype = génotype

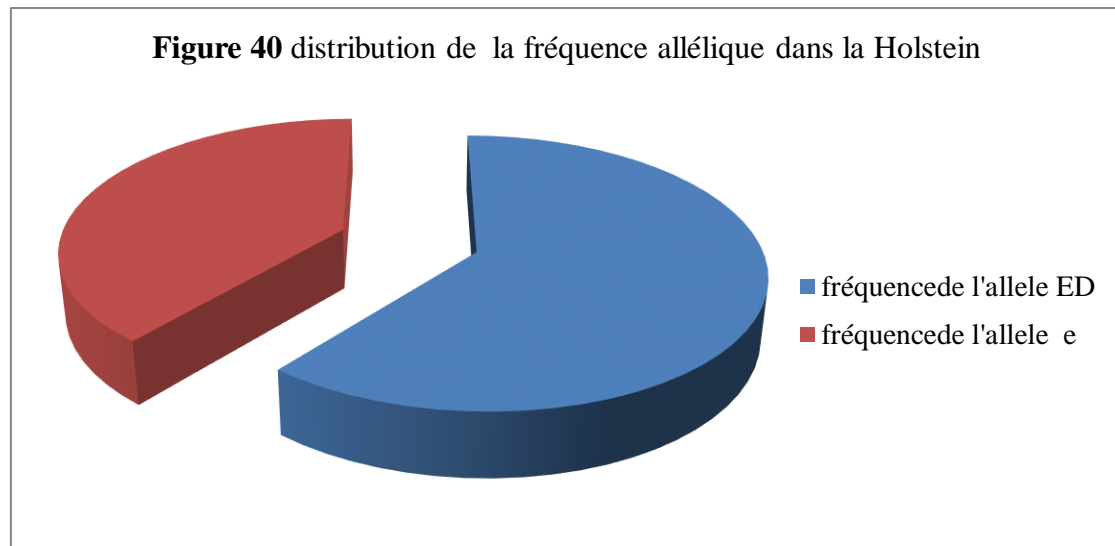
Le génotype de la pie noir est  $E^D E^D$

Le génotype de la pie rouge est :  $ee$

#### 3-2 Fréquences alléliques de la Holstein :

Fréquence de l'allèle  $E^D=0.60$

Fréquence de l'allèle  $e=0.40$

**Figure 40** distribution de la fréquence allélique dans la Holstein

Au vu des résultats et du graphe nous constatons que:

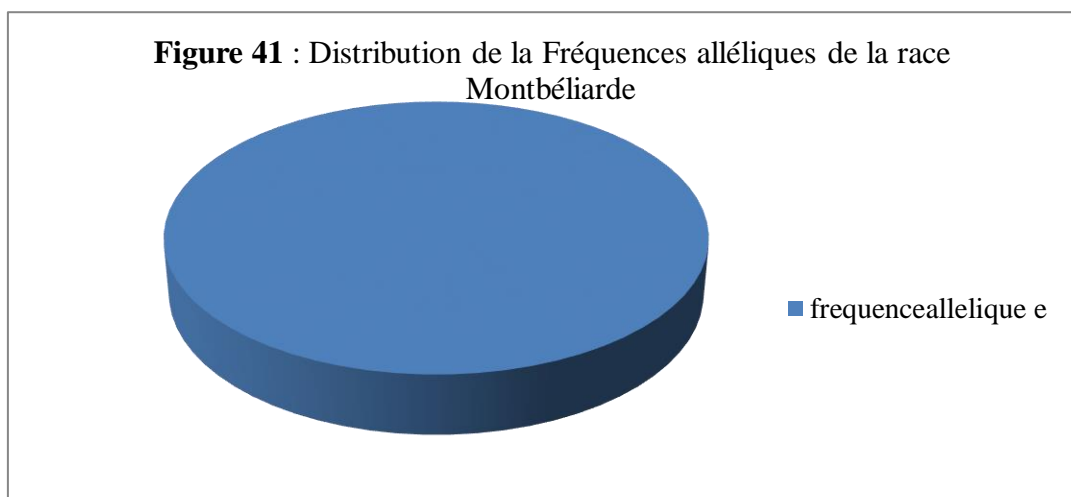
$E^D = 60\%$

$e = 40\%$

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 41** : 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)

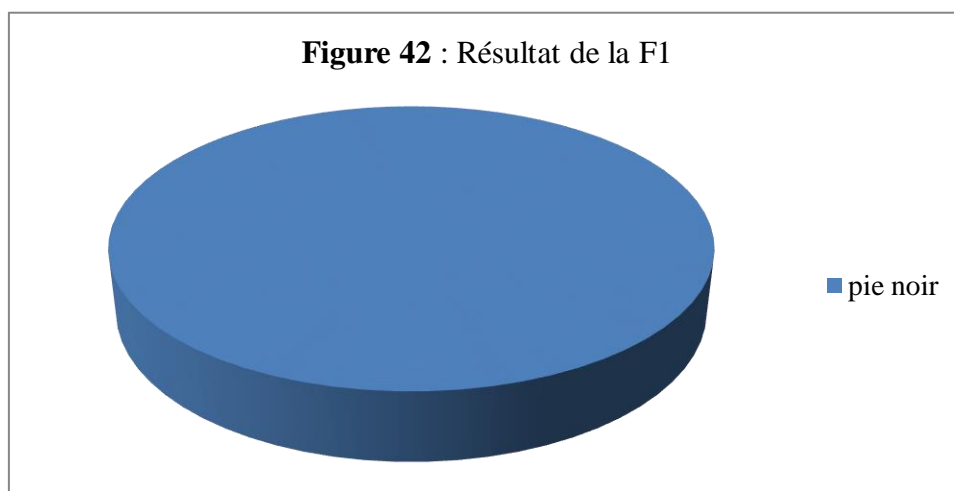
$E$ : exprimant le rouge récessif (communément appelé le facteur rouge)

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		



- 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.

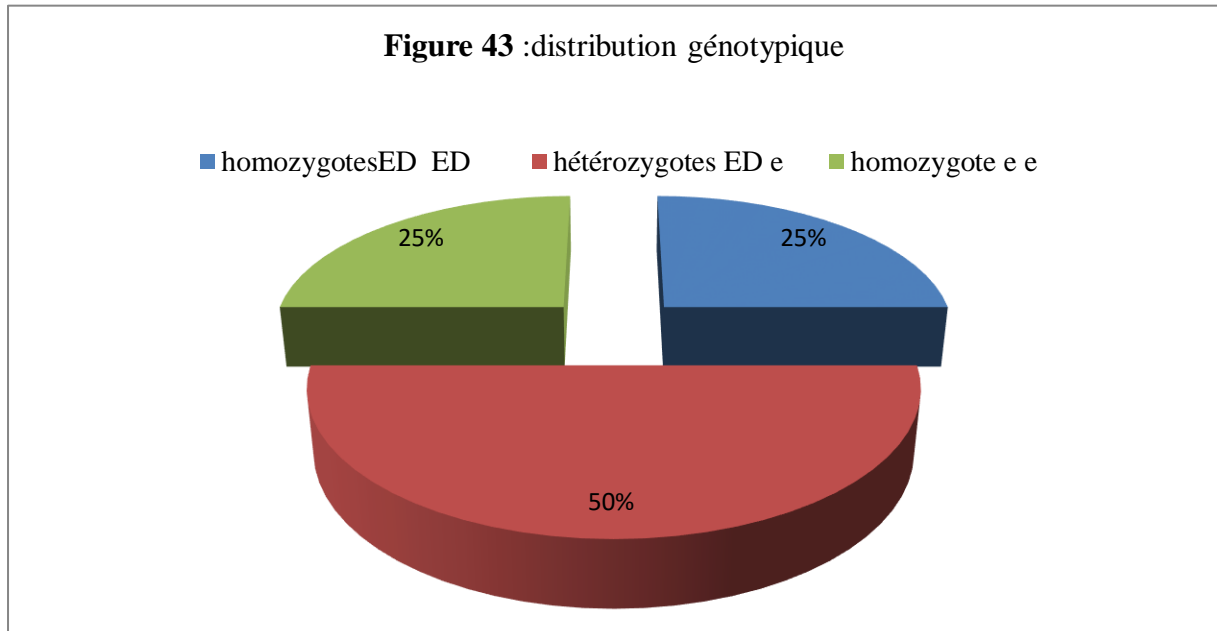
L'effet de chacun des gènes est important dans l'expression des caractères. On parle de gènes à effet majeur.

#### 4-2 Hérité de F2 :

On obtient :

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

<b>Génotype :</b>	<b>Phénotype :</b>
1/4 homozygotes $E^D E^D$	3/4 d'individus « pie noir »
1/2 hétérozygotes $E^D e$	1/4 d'individus « pie rouge »
1/4 homozygote $e e$	



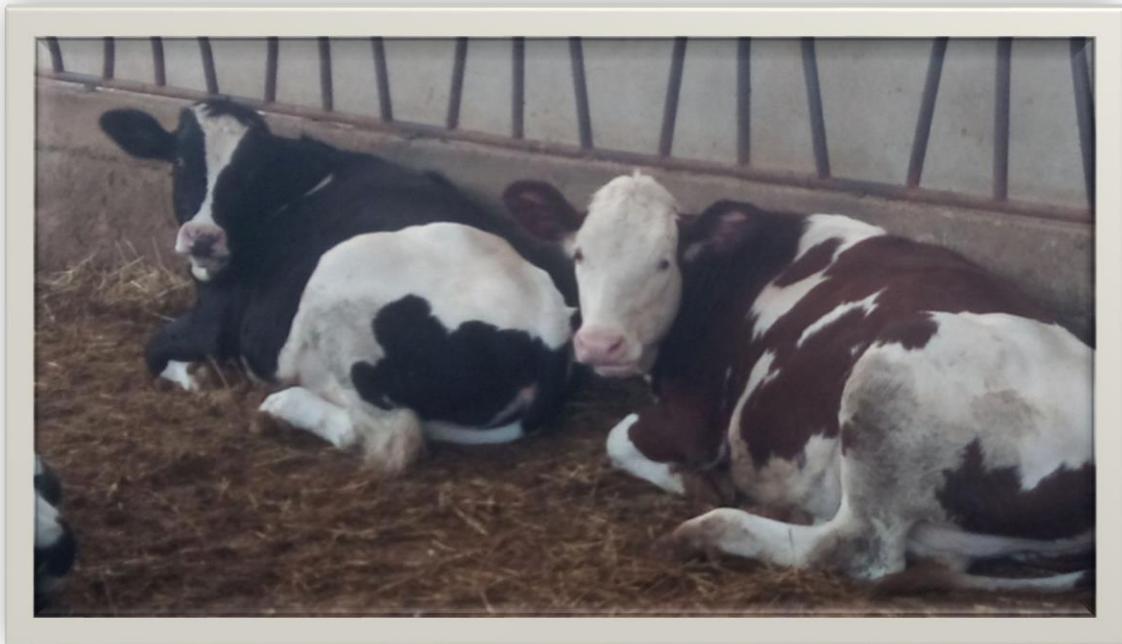
En génétique, Lorsque  $ED$  est présent chez un animal, il est typiquement noir. C'est l'allèle dominant de la série allélique « Extension ». Les bovins qui sont de génotype  $ee$  sont de couleur rouge. C'est le génotype récessif.

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 EDe. Il a lieu une fois sur 4.

Le croisement entre les taureaux de type Pie-Noir *Holstein* homozygotes EDED et les vaches de race locale produit à la 1ère génération (F1) 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.



**Figure 44** : A-Vache pie noir pure d'un couleur colorée de la face.  
B- Vache montbéliarde caractérisée par sa face blanche





**Figure 45** : vache pie noir croisé d'un couleur blanche de la face.

## **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, 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

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.

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.

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.

## Références bibliographiques

Adema GJ, de Boer AJ, Vogel AM, Loenen WA, Figdor CG (1994) Molecular characterization of the melanocyte lineage-specific antigen gp100. *J Biol Chem* 269(31): 20126-20133.

Allison DS, Young ET (1989) Mutations in the signal sequence of prepro-alpha-factor inhibit both translocation into the endoplasmic reticulum and processing by signal peptidase in yeast cells. *Mol Cell Biol* 9(11): 4977-4985.

Adalsteinsson S, Bjarnadottir S, Vage DI, Jonmundsson JV (1995) Brown coat color in Icelandic cattle produced by the loci Extension and Agouti. *J Hered* 86(5): 395-398.

Anderson DE (1991) Genetic study of eye cancer in cattle. *J Hered* 82(1): 21-26.

Aquaron R (2000) [Human albinism: clinical, genetic, cellular, biochemical and molecular aspects]. *Med Trop (Mars)* 60(4): 331-341.

Berge S (1961) Influence of dun on broxn and brindle cattle. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie* 75: 298.

Becerril CM, Wilcox CJ, Wiggans GR, Sigmon KN (1994) Transformation of measurements percentage of white coat color for Holsteins and estimation of heritability. *J Dairy Sci* 77(9): 2651-2657.

BENCHARIF, 2001. in La production laitière bovine en Algérie 55.

BABO Daniel - Races Bovines Francaises - Editions France Agricole, 1ere Edition 1998.

BABO Daniel - Races Ovines et Caprines Francaises - Editions France Agricole, 2000

Chhajlani V, Wikberg JE (1992) Molecular cloning and expression of the human melanocyte stimulating hormone receptor cDNA. *FEBS Lett* 309(3): 417-420.

Carstam R, Brinck C, Hindemith-Augustsson A, Rorsman H, Rosengren E (1991) The neuromelanin of the human substantia nigra. *Biochim Biophys Acta* 1097(2): 152-160.

CAUTY I., PERREAU J.M., 2003. La conduite du troupeau laitier. Edition France Agricole, 2003. ISBN, 2- 85557-081-6

Cole LJ, VAN Lone EE, Johansson I (1934) Albinotec dilution of color in cattle. *J Hered* 25: 145-156.

Charlier C, Denys B, Belanche JI, Coppieters W, Grobet L et al. (1996) Microsatellite mapping of the bovine roan locus: a major determinant of White Heifer disease. *Mamm Genome* 7(2): 138-142.

Dupin E, Calloni G, Real C, Goncalves-Trentin A, Le Douarin NM (2007) Neural crest progenitors and stem cells. *C R Biol* 330(6-7): 521-529.

Dominice-Franchi (1999) Le mélanocyte humain in vitro moyen d'étude de la pigmentation cutanée en dermocosmétologie [Thèse de doctorat].

DSA,.Directions des services agricoles Relizane.

Double KL, Zecca L, Costi P, Mauer M, Griesinger C et al. (2000) Structural characteristics of human substantia nigra neuromelanin and synthetic dopamine melanins. *J Neurochem* 75(6): 2583-2589.

- Freedberg I, Eisen AZ, Wolf K, Fitzpatrick TB (1999) Fitzpatrick's Dermatology in General Medicine. New York: MacGraw-Hill. 2804p p.
- Fujita H, Sasano E, Yasunaga K, Furuta K, Yokota S et al. (2001) Evidence for distinct membrane traffic pathways to melanosomes and lysosomes in melanocytes. *J Invest Dermatol Symp Proc* 6(1): 19-24.
- FELLACHI K. ,2003. Commission nationale AnGR. Rapport National sur les Ressources Génétiques Animales: Algérie ; page 23
- Guaguere E, Alhaidari Z (1992) Troubles de la pigmentation mélanique. Paris: Elsevier. 1-8 p.
- FERRAH A., 2006. Aides publique et développement de l'élevage en Algérie. Contribution à une analyse d'impact (200-2005). Cabinet GREEDAL.COM
- Goding CR (2000) Mitf from neural crest to melanoma: signal transduction and transcription in the melanocyte lineage. *Genes Dev* 14(14): 1712-1728.
- Graphodatskaya D, Joerg H, Stranzinger G (2002) Molecular and pharmacological characterisation of the MSH-R alleles in Swiss cattle breeds. *J Recept Signal Transduct Res* 22(1-4): 421-430.
- Girardot M, Guibert S, Laforet MP, Gallard Y, Larroque H et al. (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(4): 346-355.
- Grosz MD, MacNeil MD (1999) The "spotted" locus maps to bovine chromosome 6 in a Hereford-Cross population. *J Hered* 90(1): 233-236.
- GREDA et al, 2002. Aperçu sur les populations bovines d'Algérie.
- Giuffra E, Evans G, Tornsten A, Wales R, Day A et al. (1999) The Belt mutation in pigs is an allele at the Dominant white (I/KIT) locus. *Mamm Genome* 10(12): 1132-1136.
- Halaban R, Cheng E, Svedine S, Aron R, Hebert DN (2001) Proper folding and endoplasmic reticulum to golgi transport of tyrosinase are induced by its substrates, DOPA and tyrosine. *J Biol Chem* 276(15): 11933-11938.
- Hirobe T, Abe H (2007a) Excess tyrosine restores the morphology and maturation of melanosomes affected by the murine slaty mutation. *Zoolog Sci* 24(4): 338-345.
- Hirobe T, Abe H (2007b) Changes of melanosome morphology associated with the differentiation of epidermal melanocytes in slaty mice. *Anat Rec (Hoboken)* 290(8): 981-993.
- Hirobe T, Wakamatsu K, Ito S (2007a) Excess tyrosine stimulates eumelanin and pheomelanin synthesis in cultured slaty melanocytes from neonatal mouse epidermis. *Zoolog Sci* 24(3): 209-217.
- Hirobe T, Abe H, Wakamatsu K, Ito S, Kawa Y et al. (2007b) 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(6): 315-330.
- Jackson IJ (1994) Molecular and developmental genetics of mouse coat color. *Annu Rev Genet* 28: 189-217.
- Joerg H, Fries HR, Meijerink E, Stranzinger GF (1996) Red coat color in Holstein cattle is associated with a deletion in the MSHR gene. *Mamm Genome* 7(4): 317-318.
- Jackson IJ, Chambers DM, Budd PS, Johnson R (1991) The tyrosinase-related protein-1 gene has a structure and promoter sequence very different from tyrosinase. *Nucleic Acids Res* 19(14): 3799-3804.

- Jordan SA, Jackson IJ (2000) MGF (KIT ligand) is a chemokinetic factor for melanoblast migration into hair follicles. *Dev Biol* 225(2): 424-436
- Jackson IJ, Chambers DM, Tsukamoto K, Copeland NG, Gilbert DJ et al. (1992) A second tyrosinase-related protein, TRP-2, maps to and is mutated at the mouse slaty locus. *Embo J* 11(2): 527-535.
- Jimbow K, Hua C, Gomez PF, Hirosaki K, Shinoda K et al. (2000b) Intracellular vesicular trafficking of tyrosinase gene family protein in eu- and pheomelanosome biogenesis. *Pigment Cell Res* 13 Suppl 8: 110-117.
- Jimbow K, Park JS, Kato F, Hirosaki K, Toyofuku K et al. (2000a) Assembly, target-signaling and intracellular transport of tyrosinase gene family proteins in the initial stage of melanosome biogenesis. *Pigment Cell Res* 13(4): 222-229
- Kanitakis J (1997) *Structure Histologique de la peau*. 1-25 p.
- Klungland H, Vage DI, Gomez-Raya L, Adalsteinsson S, Lien S (1995) The role of melanocyte-stimulating hormone (MSH) receptor in bovine coat color determination. *Mamm Genome* 6(9): 636-639
- Lin JY, Fisher DE (2007) Melanocyte biology and skin pigmentation. 843-850 p.
- Lauvergne JJ, Ollivier L (1966) [Apropos of the coloration seen during crosses between Pietrain swine and Large White swine]. *Ann Genet* 9(1): 39-41.
- Mayer TC (1973) The migratory pathway of neural crest cells into the skin of mouse embryos. *Dev Biol* 34(1): 39-46.
- Manga P, Sato K, Ye L, Beermann F, Lamoreux ML et al. (2000) Mutational analysis of the modulation of tyrosinase by tyrosinase-related proteins 1 and 2 in vitro. *Pigment Cell Res* 13(5): 364-374.
- Marks MS, Seabra MC (2001) The melanosome: membrane dynamics in black and white. *Nat Rev Mol Cell Biol* 2(10): 738-748.
- Mountjoy KG, Robbins LS, Mortrud MT, Cone RD (1992) The cloning of a family of genes that encode the melanocortin receptors. *Science* 257(5074): 1248-1251.
- Majeskie JL (1970) Characteristics and inheritance of certain coat colors and patterns in cattle. Manhattan, Kansas: Kansas state university.
- NADJRAOUI D., 2001. FAO Country pasture / Forage resource Profiles: Algeria.
- Olson TA (1975) An analysis of the inheritance of coat colour in cattle. Iowa: Iowa state university, Ames.
- Olson TA (1980) Choice of wild-type standard in colour genetics of domestic cattle. *Journal of heredity* 71: 442-444.
- Olson TA (1982) Inheritance of coat color in cattle: a review. Iowa state university and agricultural experiment: Station bulletin 595, Iowa.
- Olson TA. *The genetics of Cattle*; 1999; Wallingford, Oxon.
- Peters EM, Tobin DJ, Botchkareva N, Maurer M, Paus R (2002) Migration of melanoblasts into the developing murine hair follicle is accompanied by transient c-Kit expression. *J Histochem Cytochem* 50(6): 751-766.

- Petersen WE, Gilmore LO, Fitch JB, Winters LM (1944) Albinism in cattle. *J Hered* 35: 135-144.
- Rouzaud F, Martin J, Gallet PF, Delourme D, Goulemot-Leger V et al. (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(5): 511-520.
- Robbins LS, Nadeau JH, Johnson KR, Kelly MA, Roselli-Rehfuss L et al. (1993) Pigmentation phenotypes of variant extension locus alleles result from point mutations that alter MSH receptor function. *Cell* 72(6): 827-834.
- Rao C, Foernzler D, Loftus SK, Liu S, McPherson JD et al. (2003) A defect in a novel ADAMTS family member is the cause of the belted white-spotting mutation. *Development* 130(19): 4665-4672.
- Seitz JJ, Schmutz SM, Thue TD, Buchanan FC (1999) A missense mutation in the bovine MGF gene is associated with the roan phenotype in Belgian Blue and Shorthorn cattle. *Mamm Genome* 10(7): 710-712.
- Scott G, Leopardi S, Printup S, Madden BC (2002) Filopodia are conduits for melanosome transfer to keratinocytes. *J Cell Sci* 115(Pt 7): 1441-1451.
- Slominski A, Tobin DJ, Shibahara S, Wortsman J (2004) Melanin pigmentation in mammalian skin and its hormonal regulation. *Physiol Rev* 84(4): 1155-1228.
- Slominski A, Paus R (1990) Are L-tyrosine and L-dopa hormone-like bioregulators? *J Theor Biol* 143(1): 123-138.
- Stanchina L, Baral V, Robert F, Pingault V, Lemort N et al. (2006) Interactions between Sox10, Edn3 and Ednrb during enteric nervous system and melanocyte development. *Dev Biol* 295(1): 232-249.
- Salopek TG, Jimbow K (1996) Induction of melanogenesis during the various melanoma growth phases and the role of tyrosinase, lysosome-associated membrane proteins, and p90 calnexin in the melanogenesis cascade. *J Investig Dermatol Symp Proc* 1(2): 195-202.
- Tang BL (2001) ADAMTS: a novel family of extracellular matrix proteases. *Int J Biochem Cell Biol* 33(1): 33-44.
- Van Den Bossche K, Naeyaert JM, Lambert J (2006) The quest for the mechanism of melanin transfer. *Traffic* 7(7): 769-778.
- Vallee RB, Wall JS, Paschal BM, Shpetner HS (1988) Microtubule-associated protein 1C from brain is a two-headed cytosolic dynein. *Nature* 332(6164): 561-563.
- Wilson YM, Richards KL, Ford-Perriss ML, Panthier JJ, Murphy M (2004) Neural crest cell lineage segregation in the mouse neural tube. *Development* 131(24): 6153-6162.
- Watabe H, Valencia JC, Le Pape E, Yamaguchi Y, Nakamura M et al. (2008) Involvement of dynein and spectrin with early melanosome transport and melanosomal protein trafficking. *J Invest Dermatol* 128(1): 162-174.
- Weber WW, Mamunes P, Day R, Miller P (1964) Trisomy 17-18(E): Studies in Long-Term Survival with Report of Two Autopsied Cases. *Pediatrics* 34: 533-541.

[www.wikipédia.com](http://www.wikipédia.com)

YEKHLEF H., 1989. La production extensive de lait en Algérie. Options Méditerranéennes - Série Séminaires, (6) : 135-139. In MOUFFOK.CH E., 2007 Diversité des systèmes d'élevage bovin laitier et performances animales en région semi aride de Sétif. INRA mémoire magister

# Annexes

## 1) La distribution des effectifs dans le cheptel :

<i>Nombre d'effectif</i>	<i>Holstein</i>	<i>Montbéliarde</i>
<i>Pie noir</i>	<b>60</b>	
<i>Pie rouge</i>	<b>40</b>	<b>47</b>
<i>Vaches en lactation</i>	<b>123</b>	
<i>Génisses et taurillon</i>	<b>55</b>	
<i>Les géniteurs</i>		<b>06</b>
<i>Totale</i>	<b>147</b>	

## 2) les équations et les formulaires utilisés pour les analyses des résultats obtenues :

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

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

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

## 3- Fréquence génotypique :

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



### 3-1) Fréquences génotypiques de la Holstein :

$$\checkmark \text{ Pie noir} = \frac{60}{100} = 0,60 \quad 60\%$$

$$\checkmark \text{ Pie rouge} = \frac{40}{100} = 0,40 \quad 40\%$$

### 3.2) Fréquences génotypiques de la Montbéliarde :

$$\checkmark \text{ Pie rouge} = \frac{47}{47} = 1 \quad 100\%$$

### 4) Fréquence allélique :

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

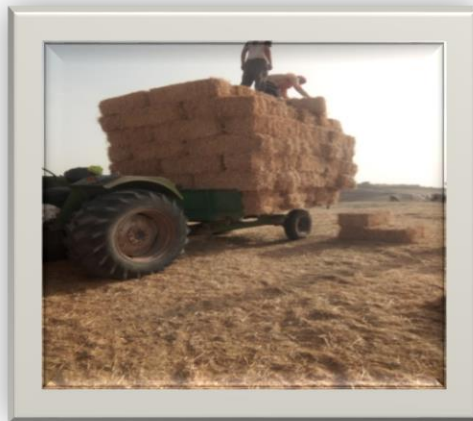
### 4-1) Fréquences génotypiques de la Holstein :

$$\checkmark \text{ Fréquence de l'allèle } \mathbf{E^D} : \frac{60*2}{100*2} = 0.60$$

$$\checkmark \text{ Fréquence de l'allèle } \mathbf{e} : \frac{40*2}{100*2} = 0.40$$

### 3.2) Fréquences alléliques de la Montbéliarde :

$$\blacktriangleright \text{ Fréquences de l'allèle } \mathbf{e} : \frac{47*2}{47*2} = 1$$



Quelque photo dans la ferme d'exploitant HAMRI Mostefa