

La mesure de la couleur de la viande et du tissu adipeux : applications dans les filières bovine et ovine

C. DENOYELLE (1), S. BROUARD (2), I. LEGRAND (3), Y. QUILICHINI (3)

(1) Institut de l'Elevage, 149 rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12

(2) Institut de l'Elevage, Ester, 87069 Limoges Cedex

(3) Institut de l'Elevage, route d'Epinay, 14310 Villers Bocage

RESUME - La couleur de la viande et/ou du gras est un critère important de la qualité dans les filières bovine et ovine. Elle intervient directement dans le prix des carcasses de veau payé à l'éleveur. En gros bovins, les abatteurs doivent de plus en plus répondre aux exigences des distributeurs et des consommateurs sur la couleur de la viande. Celle-ci est l'un des rares critères que le client peut juger lors de son achat. En ovins des défauts de coloration des gras de couverture des carcasses d'agneaux sont à l'origine de dépréciations commerciales importantes. Aujourd'hui, la seule méthode d'appréciation de la couleur en abattoir (lorsqu'elle existe) est une évaluation visuelle qui présente des avantages mais reste une méthode subjective, source potentielle de litiges (notamment commerciaux).

Dans ce contexte, l'Institut de l'Elevage a conduit des travaux de recherche visant à étudier la possibilité d'utiliser des méthodes instrumentales de mesure de la couleur des produits de trois filières : veaux, gros bovins et ovins. Il s'agissait d'étudier la pertinence de l'utilisation des colorimètres et d'illustrer, à l'aide d'exemples, les possibilités de ces appareils. Les grandes étapes des protocoles sont décrites : la mise au point de la grille de couleur subjective (lorsqu'elle n'existait pas : pour les agneaux et les gros bovins), l'entraînement du jury à son utilisation, la sélection des appareils les plus adaptés, l'établissement d'équations de prédiction entre les mesures instrumentales et les notes visuelles.

Les résultats obtenus permettent d'envisager un certain nombre d'applications, commerciales pour sécuriser la mesure lorsque la couleur entre dans le prix de la carcasse et/ou techniques pour améliorer nos connaissances sur les facteurs de variation de la couleur, voire mieux adapter les produits à la demande. Deux exemples sont décrits :

- le développement d'un appareil pour la mesure en routine de la couleur des carcasses de veau sur la chaîne d'abattage,
- la mise en place d'un observatoire couleur jeunes bovins dans l'optique de mieux raisonner la couleur au sein d'une entreprise.

Meat and fat color assessment: use in bovine and ovine meat production

C. DENOYELLE (1), S. BROUARD, I. LEGRAND, Y. QUILICHINI

Institut de l'Elevage, 149 rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12

SUMMARY : Meat and/or fat color is an important quality trait in bovine and ovine sector. The veal carcass price depends on its color. Mass marketing and consumers are more and more demanding on beef meat color. Color is the most important first impression a consumer has of any meat product. Fat color defects in lambs are the origin of significant depreciations. At present, in slaughterhouse, evaluation of carcasses color is only done subjectively by visual assessment. This classification is often the cause of commercial conflicts.

This paper reports all the works realized by the Institut de l'Elevage to develop an instrumental and objective measurement of meat and/or fat color. The main steps of the works are described : development of a visual color classification system (when it has not existed), judges training for its use, selection of the most adapted apparatus, development of equations of prediction between visual and instrumental measurement.

The results are sufficient to envisage few uses, from a commercial point of view to secure the measurement when the color is a part of carcass price, from a technical point of view to enhance our knowledge about the color variation factors, indeed even to adapt the color product to the market. Two uses are described :

- apparatus development to measure systematically the veal meat color at the end of slaughter line,
- instrumental color measurement of young bulls in a slaughterhouse to adapt the color product to the customers.

INTRODUCTION

La couleur est un critère de qualité important pour les viandes bovines et ovines, même si elle occupe une place commerciale différente selon les filières. Pour les veaux, l'importance de la couleur comme aspect qualitatif et régulateur du prix de la carcasse n'est plus à démontrer. La couleur de la viande des carcasses de gros bovins quant à elle, ne participe pas directement à la définition du prix payé au producteur, néanmoins elle constitue un critère de qualité commerciale important pour les professionnels de la filière et pour le consommateur. C'est en effet l'un des rares critères que le « client » peut juger lors de son achat. Ainsi, après le poids et le classement, la couleur intervient dans l'orientation des carcasses sur tel ou tel marché. Face à des attentes différentes des clients, les abatteurs sont de plus en plus souvent amenés à regrouper les carcasses par lots de couleur homogène. Au stade de la distribution, l'hétérogénéité de couleur gêne la présentation des tranches de viande dans les linéaires de vente. Enfin, elle est de plus en plus intégrée dans les cahiers des charges des démarches qualités (Label Rouge, Certification de Produit). Chez les ovins, c'est la couleur des gras de couverture des carcasses d'agneaux qui occupe une place non négligeable dans la valorisation commerciale des agneaux. Comme la couleur de la viande des gros bovins, elle n'intervient pas encore systématiquement ni de façon très officielle dans l'élaboration du prix payé au producteur, elle est cependant largement prise en compte dans l'orientation des carcasses vers tel ou tel marché et se trouve également intégrée aux cahiers des charges relatifs aux démarches qualité. En effet, les défauts de couleur (et/ou de tenue) des gras détériorent fortement la présentation commerciale des carcasses et sont réputés conférer à la viande un goût et une odeur plus soutenus.

A ce jour, l'appréciation commerciale de la couleur des viandes et du gras dans la filière viande est encore subjective. Officielle chez le veau, elle s'effectue selon la grille de classement des carcasses de veaux de l'OFIVAL. Cette méthode permet de répartir les veaux en 4 classes de couleur : « blanc », « rosé clair », « rosé » et « rouge » (désignées respectivement par les notes 1, 2, 3, et 4). Elle est informelle pour les 2 autres filières (gros bovins et agneaux), les professionnels de ces filières jugent (ou ne jugent pas) chacun à leur façon la couleur, ceci conduisant à une multitude de grilles plus ou moins cohérentes sans dénominateur commun. Cette appréciation subjective de la couleur présente des limites : d'un point de vue commercial, elle est la source de litiges potentiels notamment pour les veaux ; d'un point de vue technique, elle constitue un handicap majeur quand il s'agit de faire avancer nos connaissances sur les facteurs de variation de la couleur.

Dans ce contexte, les opérateurs sont demandeurs d'une méthode objective de mesure de la couleur. Or, au-delà des méthodes de laboratoire (Renner, 1981 - 1988, Renner *et al*, 1985, Swatland, 1995), qui caractérisent très finement les différentes composantes de la couleur mais qui ne peuvent être utilisées en conditions de terrain, des progrès technologiques dans le domaine de la colorimétrie amènent les constructeurs à proposer sur le marché des appareils portables. Ceux-ci sont utilisés dans des filières industrielles telles que la peinture, les fruits et légumes, la biscuiterie, ...) et leurs caractéristiques laissent entrevoir des perspectives d'utilisation dans les filières viandes.

De telles perspectives ont été récemment confirmées dans différentes études (Bécherel *et al*, 1991 - 1992, Eikelenboom *et al*, 1992, Wulf *et al*, 1999, Hulsegge *et al*, 2001), dont tout particulièrement les récents travaux du service Viande de l'Institut de l'Élevage (Brouard, 1997, Denoyelle *et al*, 1997a, 1997b, 1997c, Denoyelle et Berny, 1998, Denoyelle *et al*, 1999.).

L'objectif de cette communication est de rapporter les expérimentations mises en place par l'Institut de l'Élevage dans les 3 filières (veaux, gros bovins et ovins) sur les appareils de mesure de la couleur. Il s'agit de présenter les principes de la méthodologie adoptée, les résultats obtenus, et montrer quelles sont les possibilités d'utilisation de ces appareils et leurs applications actuelles sur le terrain, tant d'un point de vue commer-

cial pour les professionnels des différentes filières, que d'un point de vue technique pour la recherche et le développement.

1. QUESTIONS POSEES ET CHOIX METHODOLOGIQUES RETENUS

Les travaux réalisés avaient pour objet de juger de l'aptitude des différents appareils disponibles sur le marché à reproduire les jugements visuels des opérateurs des filières.

Cet objectif pose 3 grandes problématiques qui ont été abordées successivement :

- La définition d'une méthode de référence d'appréciation de la couleur afin de pouvoir juger des performances respectives des outils testés
- L'étude de différentes méthodologies de mesures et la sélection de la méthodologie la plus adaptée. Cette étape a pris en compte les aspects d'échantillonnage et les aptitudes des appareils.
- Une validation de la méthode choisie sur un grand nombre d'animaux avec mise en correspondance de la mesure instrumentale avec la référence visuelle.

1.1. CHOIX ET CALAGE DE LA MÉTHODE DE RÉFÉRENCE

Le choix des appareils de mesure de la couleur implique de disposer d'une méthode de référence vis-à-vis de laquelle pourront être positionnés leurs résultats. La finalité attendue de ces appareils étant de reproduire l'appréciation visuelle faite par les opérateurs, la méthode la plus pertinente pour mesurer la couleur de la viande et du gras, même si elle présente des limites, reste le jugement visuel d'un jury de pointeurs experts. En effet, c'est la seule méthode qui permet de rendre compte directement, dans sa globalité et avec le même langage, de la couleur telle qu'elle est perçue par les professionnels de la filière.

Il convenait donc de disposer de grilles de notation clairement établies. Ainsi, hormis la filière veau pour laquelle une grille de notation de couleur officielle existe déjà, les deux autres filières (gros bovins et agneaux) ont nécessité la mise au point de grilles spécifiques.

Cette étape a consisté à inventorier la palette complète des couleurs existantes et les différentes grilles de jugement subjectives déjà utilisées, en faire une analyse critique pour retenir au final une solution optimisée au regard des besoins des professionnels. Pour ce faire des enquêtes ont été effectuées auprès de quelques-uns des principaux acteurs de chaque filière d'une part et d'équipes de recherche fondamentale ou appliquée qui développent des méthodes d'appréciation à des fins expérimentales d'autre part.

Ce travail a abouti à la codification de grilles en 4 classes aux caractéristiques suivantes :

Pour les bovins :

- note 1 : viande rouge très clair
- note 2 : viande rouge clair
- note 3 : viande rouge vif
- note 4 : viande rouge foncé (à l'exclusion des viandes à pH élevé)

Pour les ovins :

- note 1 : gras blanc sur la totalité de la carcasse
- note 2 : gras très légèrement coloré sur toute une partie de la carcasse

- note 3 : gras coloré sur toute la carcasse ou plus fortement coloré sur une partie seulement de la carcasse

- note 4 : gras fortement coloré sur l'ensemble de la carcasse

Un indicateur de teinte a été associé à cette grille en distinguant deux cas de figure : une teinte brun-rouge et une teinte jaune, à l'exception toutefois des couleurs franchement jaune vif qui relèvent généralement d'un problème hépatique (Prache *et al*, 1990 - Thériez *et al*, 1997 - Priolo *et al*, 2001). Même si c'est l'intensité de couleur qui conditionne la dépréciation de la carcasse, la nature de la teinte peut influencer les valeurs instrumentales. Il en sera donc tenu compte lors de leur mise en correspondance avec les notes visuelles du jury.

Dans les deux cas (gros bovins et ovins), le choix est un compromis entre une échelle suffisamment précise pour pouvoir rendre compte des différentes couleurs distinguées

d'un point de vue commercial et la volonté d'éviter un découpage excessif et rédhitoire à l'obtention d'une reproductibilité et répétabilité correcte des jugements. En effet, un nombre inférieur de classes de couleur présente le risque d'obtenir une majorité des carcasses dans la classe intermédiaire. Un nombre supérieur de classes augmente le risque de carcasses mal classées avec des limites de classes mal définies.

Une fois définie la grille de couleur, il convenait de sélectionner et d'entraîner un jury (de 3 à 4 personnes minimum) à l'évaluation visuelle de la couleur. Le jugement visuel des carcasses est d'autant plus fiable qu'il réunit :

- une répétabilité satisfaisante : c'est-à-dire une bonne capacité des pointeurs à noter de la même façon une même carcasse au cours de deux jugements successifs,
- une reproductibilité satisfaisante : c'est-à-dire l'aptitude de différents pointeurs à attribuer une même note à une même carcasse.

Pour cela, les juges ont « classé » en aveugle un certain nombre de carcasses et/ou de morceaux au cours de plusieurs séances (avec répétition des mêmes animaux dans un ordre aléatoire) selon les grilles élaborées précédemment. Les délais entre chaque séance étaient réduits au minimum pour éviter l'évolution de la couleur dans le temps. Les conditions d'ambiance et de préparation des échantillons étaient maîtrisées et conformes aux préconisations de Cassens *et al.*, 1995 :

- mesure sur des bavettes de flanchet (*Rectus abdominis*) pour le veau, mesure sur la noix d'entrecôte (*Longissimus dorsi*) pour les gros bovins, mesure sur des carcasses d'agneaux,
- échantillons d'une épaisseur suffisante (de 1,5 à 2 cm),
- conditions d'éclairage : lumière du jour,
- conditions de température : 0/2°C

Le jury sélectionné a ensuite permis d'établir la note de couleur de référence de la carcasse résultant de la note moyenne des différents pointeurs

1.2. MISE AU POINT D'UNE MÉTHODOLOGIE DE MESURE INSTRUMENTALE DE LA COULEUR

Cette étape revient à considérer deux problématiques distinctes, bien qu'interdépendantes :

- L'une a concerné la comparaison de différentes méthodologies et la définition des modalités d'utilisation. Il s'agit notamment de définir un plan d'échantillonnage, c'est-à-dire le nombre et la localisation des mesures à effectuer pour obtenir un résultat représentatif de la couleur de la carcasse. En effet, la couleur d'une carcasse (que ce soit de la viande ou du gras) est très hétérogène. Or, si le jugement visuel peut être capable d'intégrer les hétérogénéités et de restituer une note de couleur moyenne, il n'en est pas de même des appareils qui apportent une information ponctuelle correspondant à une surface limitée du produit (de l'ordre de 0,5 à 19 cm² selon les types d'appareils). Pour ce faire, plusieurs scénarios « raisonnables » (quant au nombre et à la localisation des sites de la carcasse, au nombre de répétitions par site, au moment de la mesure, ...) ont été mises en œuvre et les mesures instrumentales ont été comparées à la couleur de référence, c'est-à-dire à la moyenne des notes des 3 à 4 pointeurs préalablement formés. **La solution retenue doit être suffisamment simple et rapide à utiliser pour pouvoir être appliquée sans problème, aussi bien dans un contexte de recherche qu'en routine à des fins commerciales.**

- L'autre problématique a porté sur le choix de l'appareil. A partir d'un inventaire des différents types d'outils disponibles sur le marché, deux à trois appareils ont été sélectionnés car leur conception et les performances techniques (répétabilité, reproductibilité, fiabilité des mesures réalisées à basses températures et avec un taux d'humidité élevé) apparaissaient comme les mieux adaptés à nos besoins. Ces appareils ont ensuite été testés, selon différentes modalités d'échantillonnage de la carcasse (cf. problématique précédente) sur plusieurs dizaines de carcasses, leurs résultats étant comparés à la moyenne des notes des 3 à 4 pointeurs entraînés.

Cette étape a permis d'arrêter une méthodologie de mesure objective de la couleur, incluant la recommanda-

tion d'un plan d'échantillonnage de la carcasse et le choix d'un appareil de mesure. Le choix du « couple » appareil-plan d'échantillonnage est basé sur sa facilité de mise en œuvre et sur son pouvoir prédicteur de la couleur d'ensemble de la viande et/ou du gras de la carcasse.

Au-delà de ces principes généraux communs, la standardisation de la mesure instrumentale a quelque peu différé selon les filières, chacune présentant des spécificités tant dans les caractéristiques du critère à mesurer que dans les pratiques de valorisation et d'appréciation des produits.

Pour le veau, il s'agit de pouvoir prédire la note de couleur de la grille de l'OFIVAL selon un cadre d'application officiel. Les modalités de la mesure instrumentale ont donc, logiquement, été calées sur ces bases et sur des études précédentes (Bécherel *et al.*, 1992). Ainsi, la mesure s'effectue en fin de ligne d'abattage sur le côté externe de la bavette de flanchet (*Rectus abdominis*), pour faciliter le travail de l'opérateur, avec la peau décollée (la peau blanche présente sur la surface du muscle perturbe la mesure). Afin de prendre en compte l'hétérogénéité musculaire, 3 mesures sont réalisées à 3 endroits différents de la bavette (bon compromis entre précision et temps nécessaire pour la mesure). **Le chromamètre CR310 a été retenu** (Denoyelle *et al.*, 1997b), bénéficiant d'une plus grande surface de mesure que le CR300 (19 cm² au lieu de 0,5 cm²), il permet de mesurer la couleur de la bavette avec plus de précision

Dans les deux autres cas, en l'absence de cadre officiel préexistant, l'objectif était d'arrêter une solution qui soit adaptée à la réalité des pratiques du terrain tout en apportant une information suffisante pour être compatible avec une prédiction correcte.

Pour les gros bovins, la mesure se fait en frigo, idéalement au minimum 24 heures *post mortem* (plus ou moins facile à respecter dans les sites industriels), sur le long dorsal (*Longissimus dorsi*), après ½ heure minimum de ré-oxygénation de la viande. Ce muscle est accessible seulement au niveau de la grosse coupe (séparation de la carcasse en quartiers avant et arrière). Trois mesures sont réalisées à 3 endroits différents du muscle, en évitant les veines de gras intramusculaire (ou persillé). **Cela impose de travailler avec le chromamètre CR300 qui, du fait de sa petite surface de mesure, permet de faire la mesure sur la viande sans prendre en compte le persillé, notamment pour les animaux très gras** (Denoyelle *et al.*, 1997a).

Pour les ovins, l'objectif est d'être le plus représentatif de l'ensemble des gras de couverture des carcasses d'agneaux. Compte tenu de l'hétérogénéité de la couleur du gras sous-cutané d'une même carcasse, la mesure de la couleur (2 mesures) s'effectue à 3 endroits différents jugés suffisamment représentatifs : la selle, le pourtour de la queue et le dos au niveau de la dernière côte. La mesure s'effectue sur des carcasses réfrigérées avec des gras durcis pour faciliter la mesure et aussi pour laisser à la couleur le temps de s'installer. **Comme pour les veaux, dans un souci de représentativité, c'est le chromamètre CR310 qui est retenu, de par le diamètre important de sa tête de lecture** (Brouard, 1997).

Dans tous les cas, les chromamètres (CR300 et CR310) estiment les valeurs tristimuli de la couleur L*, a*, b* selon le système de coordonnées CIElab, 1976 avec l'illuminant D₆₅ (lumière du jour). La valeur L* indique la clarté ou la luminance, c'est-à-dire la quantité de lumière réfléchie ; elle varie de 0 (noir) à 100 (blanc). Les valeurs positives de a* et b* traduisent la chromaticité respectivement pour les couleurs rouge et jaune, les valeurs négatives de ces paramètres exprimant le vert et le bleu, couleurs complémentaires des précédentes. Les valeurs varient de -60 à +60.

Il suffit d'une quinzaine de secondes pour réaliser 3 mesures sur des carcasses de veaux ou de gros bovins pour une personne bien entraînée.

1.3. VALIDATION DE LA MÉTHODE RETENUE

Il a tout d'abord fallu disposer d'un échantillonnage représentatif de la réalité du terrain pour obtenir des équations de prédiction fiables et utilisables dans tous les cas, c'est-à-dire des

carcasses couvrant l'ensemble de la gamme de couleurs et respectant au mieux les variations de couleur rencontrées et leur importance relative dans les différentes classes (en intégrant notamment l'aspect saisonnier pour le cas particulier des agneaux). Il s'est agi ensuite de les faire noter par un jury de pointeurs entraînés (au minimum 3), selon la grille préalablement définie et de procéder simultanément à une mesure objective selon la méthode arrêtée dans la phase précédente. Les modèles de prédiction ont ensuite été validés. Cette validation a consisté à tester sur 20% des individus d'une population l'équation de prédiction établie sur les 80% restant pour 5 à 10 tirages aléatoires successifs. La pertinence du modèle a été estimée par le pourcentage de carcasses bien classées, avec une note de couleur instrumentale correspondant à la note visuelle du jury d'expert. Les traitements statistiques ont été réalisés avec SAS (1988) en utilisant la régression multiple.

2. LES RESULTATS OBTENUS

2.1. LA MÉTHODE DE RÉFÉRENCE : LES PERFORMANCES DES JUGES

La mise au point des méthodes instrumentales repose largement sur la fiabilité de la méthode de référence et donc ici sur les performances des juges. Ils ont été jugés selon leur répétabilité et leur reproductibilité, en calculant les fréquences de concordance des notes de chaque pointeur entre deux séries de jugement successifs et les fréquences de concordance entre la note de chaque pointeur et la moyenne des autres pointeurs. Les résultats sont donnés dans le tableau 1.

Tableau 1
Performances des juges lors des séances d'entraînement

	Pourcentage de carcasses classées de la même façon	
	A	B
Veaux	68 à 77%	71 à 82%
Gros bovins	58 à 75%	66 à 82%
Ovins	58 à 83%	57 à 70%

A : Par un même pointeur au cours de 2 jugements successifs
B : Par un pointeur et les autres pointeurs (moyenne des notes)

Ces résultats montrent des performances comparables des jurys quel que soit le produit : viande de veau, viande de gros bovin ou gras d'agneau, même s'il existe des différences individuelles importantes. Ils montrent également un certain niveau d'imprécision lié aux limites intrinsèques d'un jugement subjectif. Cette imprécision, sans remettre en cause la méthode de référence, doit être prise en compte lors de l'interprétation du pouvoir prédictif des appareils. **Parmi les personnes entraînées, trois juges ont été retenus pour former le jury d'expert, parmi ceux ayant obtenu une répétabilité et une reproductibilité maximales (à partir de 70% de carcasses classées de la même façon).**

2.2. POUVOIR PRÉDICTEUR ET CORRESPONDANCE ENTRE LES MESURES INSTRUMENTALES ET LES MESURES VISUELLES

2.2.1. Caractéristiques des carcasses mesurées (cf. tableau 2)

Tableau 2
Répartition des notes de couleurs pour les 3 types de carcasses

		Note 1	Note 2	Note 3	Note 4
Gros bovins	n =	351	329	267	100
	% =	33.5	31.4	25.5	9.5
Veaux	n =	190	1314	761	104
	% =	8.0	55.5	32.1	4.4
Ovins	n =	185	948	521	223
	% =	9.9	50.5	27.8	11.9

n = nombre de carcasses mesurées - % = pourcentage de carcasses les notes de couleur (1, 2, 3 et 4) sont propres à chaque filière

Les mesures de couleur ont été réalisées sur 1047 carcasses de gros bovins réparties sur 7 sites industriels différents, 2369 carcasses de veaux réparties sur 6 sites industriels différents (4 en Bretagne et 2 dans le Sud Ouest) et 1877 carcasses d'agneaux. Pour les gros bovins, la mesure de la couleur sur des carcasses de types et de races différents (40% de vache et 59% de jeunes bovins) a permis d'obtenir une large gamme de couleurs assez bien réparties avec 33% de note 1, 31% de note 2, 25 % de note 3 et 10 % de note 4. Par contre, les veaux et les agneaux présentent une répartition inégale avec une majorité des carcasses dans les classes de couleurs intermédiaires, dont plus de 50% dans la classe 2. Les effectifs sont suffisants dans chaque classe pour établir des équations de prédiction, mais la répartition des notes peut avoir une incidence sur le niveau des corrélations.

Tableau 3
Coefficients de détermination des modèles étudiés

Modèles :	$L^* a^* b^*$	$L^*, a^*, b^*, L^{*2}, a^{*2}, b^{*2}$
VEAUX		
R ² (%)	74	75
(CR310)		
GROS BOVINS		
R ² (%)	62	74
(CR300)		
AGNEAUX		
R ² (%)	62	63
(CR310)		

2.2.2. Les équations de prédiction

Le tableau 3 présente les coefficients de détermination (R²) obtenus avec deux équations de prédictions (le modèle le plus simple intégrant les seules variables $L^* a^* b^*$ et le modèle ayant obtenu le R² le plus élevé avec les variables $L^* a^* b^*$ et leurs carrés).

Les résultats obtenus sont relativement comparables quelles que soit la filière (veaux, gros bovins et agneaux). Cependant, la mesure de la couleur des gras d'agneaux présente des R² inférieurs de 10 points environ pour le modèle le plus performant. Cette différence s'explique en partie par une moins bonne constance du jugement visuel d'une séance à l'autre. Ce décalage du jugement visuel peut s'expliquer par différents facteurs :

- les variations de luminosité entre chambres froides où sont réalisés les jugements,
- l'influence du niveau qualitatif d'ensemble de la population de carcasses présentes, car on ne juge pas chaque individu de la même façon selon qu'il se trouve au sein d'un groupe plutôt coloré ou plutôt clair,
- la durée qui sépare deux séances et pendant laquelle les juges ne s'entraînent plus.

D'autre part, la répartition des échantillons (cf. tableau 1) a également un effet sur le R². Les résultats sont comparables voire supérieurs à ceux obtenus dans la bibliographie : Brouard, 2001 obtient un R² de 53 % avec un CR300 sur une population de 4800 jeune bovins et une grille de couleur à 4 classes, Bécherel et al, 1991 - 1992 obtient un R² de 72 % sur 367 veaux avec un CR300.

Rappelons enfin que s'agissant de la comparaison d'une variable discontinue (le jugement visuel) avec une variable continue (les mesures instrumentales), il est impossible quel que soit le modèle statistique choisi, d'obtenir une liaison parfaite (R²= 100%).

2.2.3. Validation des modèles

La validation a consisté à tester l'équation de prédiction établie à partir de 80% des individus d'une population sur les 20% restants au cours de 5 à 10 tirages aléatoires successifs. Cette validation a été réalisée sur des échantillons « consensuels » (722 gros bovins, 1651 veaux et 953 agneaux) où seules ont été retenues les carcasses classées visuellement à l'identique par les 3 pointeurs. La pertinence du modèle a été

estimée par le pourcentage de carcasses dont la note de couleur instrumentale correspondait à la note visuelle du jury. Les résultats sont donnés dans le tableau 4 pour le modèle $L^* a^* b^*$.

Les résultats sont assez proches avec cependant des écarts de 20 points entre les gros bovins et les veaux, les agneaux occupant une place intermédiaire. En fait, ces différences peuvent probablement s'expliquer par la répartition inégale des carcasses dans les différentes classes de couleur. Les veaux et les agneaux se trouvent en majorité dans les classes de couleur intermédiaires (cf. tableau 1) avec plus de 50 % de l'effectif, ce qui aurait pour conséquence d'améliorer le pourcentage de carcasses bien classées, alors que les gros bovins sont beaucoup mieux répartis, ce qui aurait tendance à le diminuer.

Tableau 4
Pourcentage de carcasses dont la note de couleur instrumentale correspond à la note visuelle du jury

Tirage	Gros bovins n = 722 (CR 300)	Veaux n = 1651 (CR310)	Agneaux n = 953 (CR310)
1	72	90	71
2	66	86	73
3	61	85	70
4	71	87	72
5	71	89	75
6	-	88	-
7	-	84	-
8	-	91	-
9	-	87	-
10	-	89	-
M	68	88	72

M : moyenne des tirages
n : effectif de l'échantillon

Pour chaque type de carcasses, les résultats sont comparables voire supérieurs aux performances des pointeurs, la fréquence de concordance d'un juge par rapport aux autres calculée sur les effectifs totaux (1047 gros bovins, 2369 veaux et 1877 ovins) s'établit entre 60 et 82% pour les gros bovins, 75 à 79 % pour les veaux et 60 à 65 % pour les agneaux, selon les juges.

3. LES PERSPECTIVES D'APPLICATION

La fiabilité des appareils de mesure de la couleur de la viande et/ou du gras ayant été démontrée, ces appareils peuvent être utilisés au minimum avec deux objectifs :

- Professionnel : lorsqu'il s'agit d'adapter l'offre à la demande en triant les carcasses selon leur couleur (particulièrement les jeunes bovins) ou lorsque la couleur entre directement dans le prix de la carcasse payé au producteur afin d'éviter toute source de litiges (façon « machine à classer ») : il s'agit notamment de la filière veau, voire dans certains cas de la couleur des gras d'agneaux.

- Recherche et développement : lorsqu'il s'agit de faire progresser nos connaissances sur les facteurs de variations de la couleur. Des méthodes instrumentales existaient déjà depuis longtemps mais ne permettaient pas de travailler facilement et rapidement sur des grands effectifs. Ces méthodes permettent de quantifier l'effet d'un ou plusieurs facteurs de variation de la couleur dans les conditions réelles du terrain sur un grand nombre d'animaux. Elles permettent de mieux interpréter les résultats d'essais expérimentaux en donnant un sens aux réponses des appareils, grâce à la relation directe des mesures instrumentales avec les notations visuelles.

De nombreux exemples d'application existent déjà, on peut en évoquer deux :

- le développement et le test d'un appareil adapté à la mesure en continu de la couleur des carcasses de veaux sur la chaîne d'abattage.
- la mise en place d'un observatoire couleur des jeunes bovins.

3.1. DÉVELOPPEMENT ET TEST D'UN APPAREIL DE MESURE DE LA COULEUR DE LA VIANDE DE VEAU EN ROUTINE

Suite aux études démontrant la fiabilité du chromamètre CR310 pour reproduire le classement couleur OFIVAL, l'Institut de l'Élevage, Minolta et un prestataire informatique ont été sollicités pour mettre au point et tester un appareil semi-industriel sur la base d'un chromamètre CR310 pour mesurer en routine la couleur de la viande des carcasses de veaux sur la chaîne d'abattage. Ce travail ne prend pas en compte la « sécurisation » de la mesure (consistant à automatiser au moins en partie voire totalement la mesure) qui devra être étudiée si demain les professionnels de la filière décident d'intégrer la note de couleur instrumentale dans le prix des carcasses de veaux. A ce jour, le seul moyen d'obtenir un résultat fiable et sécurisé à 100 % serait d'automatiser complètement la mesure en éliminant le facteur humain. Cette solution est bien sûr idéale, mais d'une ampleur disproportionnée. A défaut, il est possible d'avancer quand même cette réflexion en tentant de répondre à quelques unes des questions posées par ce travail (en cours), lequel s'articule autour de 3 étapes :

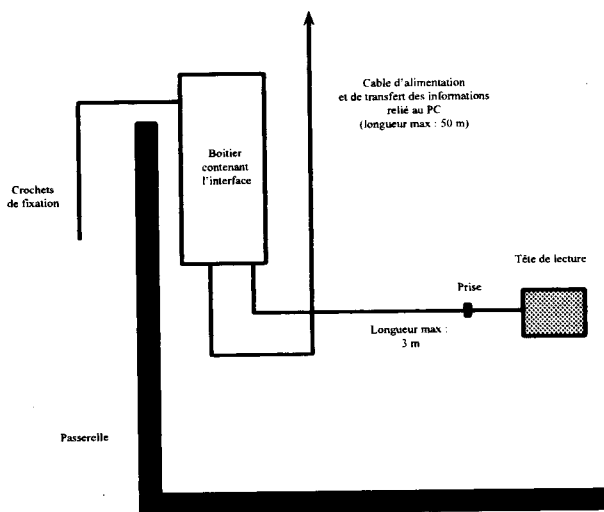
Etape 1 : Mise au point, acquisition et installation sur site d'un appareil semi-industriel dans deux abattoirs. Le chromamètre CR310 est complété par un système informatique (ordinateur et logiciel) de récupération, de traitement et de restitution des données, permettant de disposer pour chaque veau d'une valeur de couleur mesurée. Le logiciel doit également permettre de piloter l'appareil et d'informer l'opérateur sur l'état de la mesure (la mesure est-elle conforme, pour une même carcasse, les 3 mesures ont-elles été réalisées, ...).

Etape 2 : Ecriture et mise à disposition du mode d'emploi de l'appareil auprès des abatteurs.

Etape 3 : Evaluation de l'utilisation de l'appareil par les abatteurs en quantifiant le temps de travail nécessaire à la mise en œuvre de cette nouvelle mesure.

L'appareil en cours de test se présente sous la forme suivante (cf. figure 1). Les résultats seront fournis prochainement.

Figure 1
Schéma de l'appareil de mesure



3.2. MISE EN PLACE D'UN OBSERVATOIRE COULEUR DES JEUNES BOVINS

La couleur occupe une place croissante dans la valorisation commerciale des carcasses des jeunes bovins (JB). En effet, cette catégorie d'animaux souffre de la confrontation de deux phénomènes contradictoires :

- l'un est lié aux débouchés commerciaux des JB : ces derniers sont, pour une grande partie, exportés vers l'Europe du Sud, marché particulièrement exigeant en terme de couleur de viandes, et recherchant des viandes les plus claires possibles, compte tenu de ses habitudes de consommation de viandes jeunes.
- l'autre est dû à la forte hétérogénéité des couleurs observées entre carcasses.

Ces variations de couleur de viandes entre animaux sont relativement bien expliquées en théorie mais sont complètement subies par les abatteurs et constituent un handicap commercial de plus en plus important pour pouvoir offrir à leurs clients des lots de couleur homogène. Dans ce contexte, une entreprise a souhaité mieux connaître l'origine des variations de couleurs des JB abattus. L'objectif final était de pouvoir transmettre des messages techniques aux structures de production afin d'améliorer la couleur de viandes des carcasses produites, voire, tout simplement, de mieux adapter ses approvisionnements aux besoins des clients.

Compte tenu des connaissances déjà acquises, le travail (Brouard, 2001) a consisté à mettre en place un contrôle individuel de la couleur (avec un CR300) des JB abattus dans l'entreprise et constituer ainsi une base de données reliant l'information couleur de la viande de chaque animal aux caractéristiques déjà enregistrées : passeport (race, race des parents, date de naissance, performances de croissance) et ticket de pesée (conformation, poids de carcasse), qui incluent précisément les principaux facteurs de variation de la couleur des viandes d'ores et déjà identifiés.

Une base de données d'environ 10000 JB a ainsi été constituée. Elle a permis de quantifier précisément l'impact des principaux facteurs de variation de la couleur des viandes dans le contexte des approvisionnements de l'entreprise et d'identifier des marges de manœuvre possibles au niveau des achats des animaux, pour mieux adapter la couleur des viandes aux exigences du marché. Par exemple, recentrer les approvisionnements sur des races ayant un potentiel de couleur « claire » permettrait d'augmenter la proportion de carcasses claires à très claires de 10 à 20 % comparativement à la population des abattages actuels. Quelle que soit la race, la couleur est d'autant plus claire que la croissance a été rapide, que les animaux ont été abattus jeunes et sont bien conformés. En revanche, pour une même race, la couleur est relativement indépendante du poids de carcasse. Ainsi, le tri d'animaux relativement homogènes sur les variables « âge – performances de croissance – conformations » dans un sens ou dans un autre, augmente ou diminue, la proportion de carcasses claires de 10 à 20 % par rapport au niveau moyen de la race. Les résultats n'ont en revanche pas permis d'identifier d'autres facteurs de production susceptibles de modifier la couleur des viandes, au-delà de ceux qui agissent sur les performances de croissance ou encore l'âge des animaux à l'abattage.

CONCLUSION

La couleur de la viande et/ou du gras est un critère important de la qualité. La méthodologie développée par l'Institut de l'Élevage dans ces différents travaux, basée sur le développement de grilles d'appréciations visuelles (pour les agneaux et les gros bovins), le choix d'un matériel robuste et de manipulation aisée, associé à un plan d'échantillonnage simple, facilement applicable dans les conditions courantes d'une entreprise industrielle, permet d'apporter des solutions concrètes pour la mesure instrumentale de la couleur.

- Des grilles d'appréciation visuelle ont été codifiées et testées pour les agneaux et les gros bovins pour servir de méthode de référence. Elles permettent de rendre compte des écarts de couleur pris en compte dans la valorisation commerciale des carcasses. Leur utilisation par un jury entraîné permet d'obtenir une notation fiable, même si ce type de jugement reste imprécis.

- Des méthodes de mesure instrumentale de la couleur de la viande pour les veaux et les gros bovins, de la couleur du gras

pour les ovins : sur la base de 2 types de chromamètres, le CR310 avec des R^2 allant jusqu'à 75 % pour les veaux et 63 % pour les agneaux, 74% pour les gros bovins avec le CR300. Ces méthodes permettent de classer correctement entre 68 et 88% des carcasses (selon les types) avec des performances supérieures à celles d'un pointeur expert.

Ces outils, disponibles sur le marché, peuvent être utilisés d'un point de vue commercial pour objectiver la mesure et éviter ainsi tout litige commercial. A cet égard, il conviendrait maintenant de passer à une phase de consolidation de ces méthodes, via leur mise en œuvre à l'échelle industrielle dans une entreprise pilote (c'est déjà le cas pour la filière veau). Ceci permettrait de cerner les contraintes pratiques qui ne manqueraient pas d'apparaître en utilisation routinière (mauvaise utilisation par les opérateurs, ...). D'autre part, ces méthodes pourraient être utilisées pour mesurer l'évolution de la couleur de la viande et du gras dans le temps, sachant que celle-ci, quel que soit le type d'animal (veau, gros bovin ou ovin) évolue notamment après la réfrigération, ce qui entraîne parfois de longues discussions entre clients et fournisseurs.

D'un point de vue technique, ces méthodes facilitent l'avancée de nos connaissances sur les facteurs de variation de la couleur et sont déjà largement utilisées dans les travaux de recherche.

Bécherel, F., Renerre, M., Eikelenboom, G., Andersen, JR., 1991. Projet européen de test de différents appareils pour mesurer la couleur des carcasses de veau sur la chaîne d'abattage. Rapport d'étude INTERVEAU, Edition CIV

Bécherel, F., Eikelenboom, G., Renerre, M., Andersen, J.R., 1992. 38th ICOMST proceedings Clermont Ferrand - France, 867-870

Brouard, S., 1997. Etude méthodologique de la mesure objective de la couleur des gras de couverture de carcasses d'agneaux. Compte rendu d'étape Institut de l'Élevage.

Brouard, S., 2001. Etude de la couleur des viandes de jeunes bovins abattus à l'entreprise SOVIBA Lion d'Angers Mise en place d'un observatoire. Compte rendu n° 20113204 INTERBEV, OFIVAL, SOVIBA, BOVILOIRE.

Cassens, R.G., Demeyer, D., Eikelenboom, G., Honikel, K.O., Johansson, G., Nielsen, T., Renerre, M., Richardson, I., Sakata, R., 1995. 41st ICOMST proceedings San Antonio - USA, 410-411

Denoyelle, C., Jabet, S., Berny, F., 1997a. Evaluation des possibilités de mesure instrumentale de la couleur de la viande de gros bovins au stade industriel. Rapport d'étude INTERBEV, Edition CIV

Denoyelle, C., Berny, F., 1997b. Mesure instrumentale de la couleur de la viande de veau sur la chaîne d'abattage. Rapport d'étude OFIVAL/INTERVEAU, Edition CIV.

Denoyelle, C., Jabet, S., Berny, F., 1997c. Viandes et Produits Carnés, 18(6), 269-274

Denoyelle, C., Berny, F., 1998. Viandes et Produits Carnés, 19(4), 169-173

Denoyelle, C., Berny, F., 1999. Meat Science, 53, 203-209

Eikelenboom, G., Hoving-Bolink, A.H., Hulsegge, B., 1992. Meat Science, 31, 343-349

Hulsegge, B., Engel, B., Buist, W., Merkus, G.S.M., Klont, R.E., 2001. Meat Science, 57, 191-195

Prache, S., Arousseau, B., Theriez, M., Renerre, M., 1990. Productions animales, 3, 275-285

Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., 2001. Anim. Res., 50, 185-200.

Renerre, M., 1981. Viandes et Produits Carnés, 2(5), 10-16

Renerre, M., 1988. Industries Agro Alimentaire, 530-533

Renerre, M., Mazuel J.P., 1985. Sciences des Aliments, 5, 541-557

SAS, 1988. SAS/STAT User's guide, release 6.03. Ed. SAS Institute, Cary, NC, USA

Swatland, H.J., 1995. In TECHNOMIC (Editor), On-line evaluation of meat

Theriez, M., Arousseau, B., Prache, S., Mendizabal, J., 1997. 4^{ème} Renc. Rech. Ruminants, 4, 295-301

Wulf, D. M., Wise, J. W., 1999. Journal of Animal Science, 77, 2418-2427