

Mesure instrumentale de la couleur de la viande de veau en abattoir : mise à jour de l'équation de prédiction du chromamètre en 5 classes

CHANTEPERDRIX M. (1), EL JABRI M. (2), DENOYELLE C. (2)

(1) Institut de l'Élevage - Monvoisin – BP 85 225 – 35 652 Le Rheu Cedex – France

(2) Institut de l'Élevage - 149 rue de Bercy – 75595 Paris cedex 12 - France

RESUME

Le nuancier résine de classement de la couleur de la viande de veau, assorti de sa notice d'utilisation, est l'unique référence éprouvée pour le classement en abattoir. Dans un contexte d'harmonisation nationale durable, la filière veau a souhaité relancer la mise en place de la mesure instrumentale de la couleur. Avant d'envisager une installation effective du système de mesure en abattoir, il était impératif d'actualiser l'équation de prédiction du chromamètre sur les 5 classes définies par le nuancier résine. L'objectif de la présente étude, financée par Interbev Veaux, consiste à étalonner le chromamètre sur la base de campagnes de mesures et de pointages conduits dans différents abattoirs représentatifs de la population de veaux abattus en France. La première étape du programme d'action a ciblé la sélection de 3 pointeurs « Référence » via un test de répétabilité et de reproductibilité parmi un panel de pointeurs professionnels volontaires, extérieurs aux abattoirs participant aux campagnes de mesures. La seconde étape a concerné les campagnes de mesures dans 3 abattoirs : la couleur de 6 624 carcasses de veaux a été mesurée par le chromamètre CR-400 et évaluée par les pointeurs « Référence ». Les performances de prédiction des notes en 5 classes avec les équations développées ont confirmé la capacité du chromamètre CR-400 à reproduire le classement visuel en 5 classes, avec un taux de veaux bien classés très satisfaisant de près de 83% sur l'échantillon consensuel. La répartition finale des veaux au sein des classes ne diffère que de 1% en moyenne entre les prédictions et les notes des pointeurs « Référence ». Cependant, plus des ¾ des veaux ont été classés dans la classe 2, les classes extrêmes sont très peu représentées. Afin d'améliorer la précision de l'équation de prédiction, il serait judicieux d'accumuler davantage de mesures sur ces classes extrêmes.

Les résultats du chromamètre CR400 pour reproduire le classement couleur en 5 classes ont été validés par la filière. Son utilisation à l'abattoir est donc possible même si la fiabilité sur le terrain de la mesure semi-automatique de la couleur implique des règles d'utilisation strictes. Un cadre est en cours d'élaboration par la filière pour envisager la mise en place effective de la mesure instrumentale de la couleur en routine. Charge donc à l'interprofession et aux abattoirs d'engager des réflexions sur la mise en place en abattoir de cet outil.

Instrumental color classification of veal carcasses in slaughterhouses: update of the chromameter prediction equation in 5 classes

CHANTEPERDRIX M. (1), EL JABRI M. (2), DENOYELLE C. (2)

(1) Institut de l'Élevage - Monvoisin – BP 85 225 – 35 652 Le Rheu Cedex – France

SUMMARY

The resin chart for color classification of veal carcasses with its user instructions is the only approved reference for the classification in slaughterhouse. In the context of permanent national harmonization, the veal sector wanted to revive the instrumental color classification. Before considering to install the measurement system in slaughterhouse, the priority was to update the chromameter prediction equation to match the 5 classes defined by the resin chart. It is the aim of this present study, funded by Interbev Veaux: the chromameter was calibrated based on measurements and visual assessments which were conducted in various slaughterhouses, representative of the calf population slaughtered in France. 3 "reference" assessors were selected via a test of repeatability and reproducibility, among a panel of voluntary professional assessors who were not working in the slaughterhouses involved in the assessments. Then, the color of 6 624 veal carcasses was measured by the chromameter and evaluated by the "reference" assessors during 3 weeks of measurements campaign.

The prediction performances using the developed equations confirmed the ability of the CR-400 chromameter to reproduce the visual classification into 5 classes with 83% of calves accurately classed on the consensual sample. The final distribution of calves within the classes differs by only 1% on average between the predictions and the "reference" assessors. However more than ¾ calves were classified in class 2, classes 0 and 4 were very poorly represented. In order to improve the accuracy of the prediction equation, it would be wise to increase the number of measurements in extreme classes. The CR-400 chromameter final equations have been validated by the veal sector, but the reliability of semi-automatic color measurement involves strict procedures to be respected. A framework is being developed by the veal sector to consider the effective implementation of routine instrumental color measurement. It is therefore up to the inter-professional organisation and the slaughterhouses to start thinking about the implementation of this tool in slaughterhouse.

INTRODUCTION

La couleur de la viande est un critère important pour le veau de boucherie. Elle est officiellement prise en compte dans le classement des carcasses et donc dans le paiement au

producteur. Pour cette production, ce sont des viandes claires (blanc à rosé clair) qui sont recherchées par les distributeurs et les consommateurs.

La couleur de la viande de veau est appréciée en fin de chaîne d'abattage, au stade de la pesée fiscale. En raison de sa subjectivité, le classement visuel de la couleur de la viande est susceptible de varier entre abattoirs et peut être source de litiges. C'est pourquoi la filière travaille sur cette thématique depuis près de 30 ans avec, pour objectif, de faciliter et d'harmoniser ce classement nationalement. Suite aux dernières études conduites par l'Institut de l'Élevage (Evrat Georgel, 2006 ; 2010 ; 2012), la filière veau dispose depuis 2011 de plusieurs outils pour classer la couleur de la viande de veau :

- Un nuancier en 5 classes, reconnu comme la référence officielle par l'arrêté du 20 décembre 2010 (Jorf, 2011) et applicable obligatoirement depuis le 1^{er} juillet 2011. Ce nuancier, en résine plastique, est issu d'essais réalisés sur le terrain.
- Le chromamètre (Minolta, CR 410), capable de reproduire le classement visuel de référence (experts indépendant des abattoirs) en 5 classes et reconnu par la DGCCRF depuis 2011 comme outil d'aide au classement de la couleur de la viande de veau pour les opérateurs qui souhaitent l'utiliser. A noter qu'en amont de cette étude, la calibration du chromamètre avait été réalisée selon les règles de classement en 5 classes, mais sans pouvoir se baser sur le nuancier résine qui n'était pas encore disponible lors des tests. Les pointeurs avaient donc attribué leurs notes de classement selon les nouvelles règles de classement mais sans référence visuelle.

Suite à la création du nouveau nuancier en 5 classes, les services de contrôle (FranceAgriMer et la DGCCRF) ont demandé une harmonisation entre abattoirs des conditions d'éclairage au poste de classement. La rédaction de cette notice détaillant les conditions d'utilisation du nuancier résine a nécessité plusieurs échanges entre l'interprofession et les services de contrôle, pour être finalement validée le 1^{er} octobre 2015 (version 10). En parallèle, il a été demandé aux abattoirs d'abandonner définitivement le nuancier papier plastifié, vite détérioré, pour basculer définitivement vers le nuancier résine, beaucoup plus durable. Depuis fin 2015, les abattoirs doivent donc demander auprès de FranceAgriMer leur agrément pour utiliser le nuancier résine, cet agrément étant obligatoire depuis fin 2016 pour les structures abattant plus de 5 000 veaux par an.

Dans ce contexte de mise en place exclusive du nouveau nuancier résine, pour garantir durablement l'harmonisation nationale du classement de la couleur, la filière veau souhaite désormais franchir une nouvelle étape dans la mise en place de la mesure instrumentale avec le chromamètre. Interbev Veaux a donc sollicité l'Institut de l'Élevage pour étalonner le chromamètre sur le classement en 5 classes réalisé sur la base du nuancier résine utilisé dans les conditions optimales définies par la notice qui lui est assortie et conforté par l'agrément délivré par FranceAgriMer.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. SELECTION DES POINTEURS REFERENCE

La « stabilité » des pointages visuels étant la condition sine qua non à l'établissement d'une équation de prédiction sur le classement en 5 classes réalisé sur la base du nuancier résine, 4 pointeurs professionnels ont participé à un test de répétabilité et de reproductibilité. A l'issue de ce test, la répétabilité et la reproductibilité du jury ont été jugées bonnes, voire excellentes. Ces résultats ont de plus été confortés par les calculs de concordances entre les notes attribuées par chacun des pointeurs au cours du test. A son issue, les 3 pointeurs ayant obtenu les meilleurs scores de répétabilité et de reproductibilité ont été retenus pour la suite de l'étude. Ils ont participé aux 3 semaines de campagnes de mesures en abattoir comme pointeurs « Référence ».

1.2. CHOIX DU CHROMAMETRE

Les chromamètres de la série 400 sont la dernière évolution des premiers colorimètres portables introduits dans les années 80. Le principe de fonctionnement des chromamètres est la colorimétrie ; il s'agit donc d'analyser les valeurs tristimulus de la couleur, à l'image de ce que réalise l'œil humain.

Il existe deux types de chromamètres dans la série 400 :

- Le chromamètre CR-400, avec sa tête de mesure de 8 mm, est adapté pour mesurer la couleur réfléchie et les différences de couleur dans un large éventail de domaines industriels. Il est capable de répondre aux besoins de diverses applications, de toutes sortes d'ingrédients, aliments, matières premières et produits finis jusqu'aux produits pharmaceutiques et les applications dermatologiques.
- Le chromamètre CR-410, avec sa tête de mesure de 50 mm, est un excellent choix si les échantillons présentent des surfaces structurées ou inégales, telle que la viande de veau, mais également les granulés, tissus, bois, sables, pierres et briques. Sa très grande ouverture évite le recours à la moyenne de plusieurs mesures et minimise l'effet des variations spatiales des tissus musculaires mesurés (Lucassen et al., 2010). C'est pourquoi, ce modèle a largement été plébiscité dans les précédentes études portant sur la mesure instrumentale de la couleur de la viande de veau.

Aux Pays-Bas, la couleur de la viande de veau est mesurée par un opérateur certifié en fin de chaîne d'abattage à l'aide d'un CR-400. En effet, bien que le CR-410 ait été reconnu comme le modèle le plus performant (Lucassen et al., 2010), les Pays-Bas ont décidé de ne pas remplacer le modèle historique par un CR-410 afin de ne pas perdre toute la base de données accumulée depuis la mise en place du chromamètre dans leurs abattoirs, les mesures du CR400 et du CR410 n'étant pas compatibles..

Le choix du comité de pilotage s'est également porté sur le CR-400 pour cette présente étude, en raison des contraintes liées à la prise de mesure dans certains abattoirs. En effet, la large ouverture du CR-410 implique un décollement de la peau externe de la bavette de flanchet avec élimination des aponévroses pour pouvoir respecter les consignes d'une bonne mesure. Il a été ainsi jugé préférable de retenir le CR-400 afin de minimiser les tâches des opérateurs en charge de la mesure et d'optimiser la fiabilité des mesures.

Pour répondre aux exigences de cadences, le développement d'un système de mesure équipé d'une application informatique a été nécessaire. Connecté au chromamètre CR-400 via l'interface informatique, le logiciel permet notamment l'enregistrement et la sauvegarde automatique des mesures. Il offre également la possibilité au manipulateur de contrôler à tout moment le veau qu'il mesure et de refaire la mesure si nécessaire.

1.3. CONTROLES REALISES SUR LES VEAUX

Les campagnes de mesures ont été réalisées dans 3 abattoirs, choisis par le comité de pilotage en fonction des types de veaux qu'ils abattent et de leur volume d'abattage. En effet, pour assurer la fiabilité des campagnes de mesure, il est nécessaire d'avoir un échantillonnage représentatif des veaux abattus en France, c'est-à-dire des effectifs suffisamment importants dans chaque catégorie de veaux, notamment dans les classes de couleurs extrêmes. Les campagnes de mesures se sont réalisées sur l'intégralité de la tuerie durant 5 jours par abattoir, soit 15 jours au total.

Sur chaque carcasse, les mesures suivantes ont été réalisées :

- Une mesure avec le chromamètre CR-400 a été réalisée par un opérateur de l'Institut de l'Élevage en fin de chaîne d'abattage, sur la bavette de flanchet. Pour assurer la fiabilité des mesures, l'opérateur, en charge de la mesure, a été le même pendant toute la durée des campagnes de mesure dans les 3 abattoirs. De plus, un soin particulier a été porté sur le choix de la zone de mesure.
- Un pointage indépendant en 5 classes réalisé par les trois pointeurs « Référence », qui n'ont pas été autorisés à discuter entre eux afin de ne pas s'influencer durant les campagnes de mesures.

1.4. METHODE DISCRIMINANTE AVEC CALCUL DE LA CLASSE D'APPARTENANCE

Les équations de prédiction ont été réalisées selon la méthode d'analyse discriminante, avec la prise en compte a priori de la proportion de veaux dans chacune des 5 classes. La technique de validation croisée (« cross-validation ») a été utilisée pour évaluer l'efficacité des équations développées.

Cette méthode donne une équation unique pour chaque classe de couleur : il y a donc 5 équations différentes par échantillon, soit 10 équations au total. Seront désignées dans la suite de cet article :

- « Equations 1 » : les 5 équations de prédictions établies sur l'échantillon global,
- « Equations 2 » : les 5 équations de prédictions établies sur l'échantillon consensuel.

Le modèle mathématique (Hulsegge et al., 2001) est identique pour les 10 équations, ce sont la constante et les paramètres multiplicatifs qui changent.

Modèle de l'équation :

$$\text{Constante} + (x * L) + (y * a) + (w * b) + (z * L * a) = n \text{ (0 à 4)}$$

Avec L = luminance, a = indice de rouge et b = indice de jaune.

Ces paramètres étant mesurés par le CR-400, réglé sur l'illuminant D65.

A partir du résultat de ces équations, il est possible de calculer le score de la bavette mesurée à chacune des 5 classes. Le plus haut score parmi les 5 obtenus indique la classe d'appartenance de l'échantillon mesuré : si le plus grand score est obtenu pour 'n=0' alors l'échantillon appartient à la classe « 0 », pour 'n=1' à la classe « 1 », pour 'n=2' à la classe « 2 », pour 'n=3' à la classe « 3 » et pour 'n=4' à la classe « 4 ».

2. RESULTATS

2.1. CARACTERISTIQUES DES DONNEES

Tous sites d'abattage confondus, les pointages visuels et les mesures instrumentales de la couleur via le chromamètre CR-400 ont été réalisés sur 6 624 carcasses.

Compte-tenu de la subjectivité d'un jugement individuel, mesuré lors de la sélection des pointeurs « Référence » les résultats ont été analysés sur deux types d'échantillons :

- L'échantillon global, c'est-à-dire l'ensemble des carcasses de l'échantillon.
- L'échantillon « consensuel », qui se compose des carcasses notées identiquement par les 3 pointeurs « Référence ». L'échantillon consensuel concerne 4 729 mesures, soit **71,4% des effectifs** classés par le jury.

Comme le présente le tableau 1, cet échantillon consensuel est particulièrement conséquent au regard de ceux des précédentes études. Le nombre de carcasses est supérieur de près de 30% à celui de l'étude de 2006 et de près de 40% à celui de l'étude de 2010.

Tableau 1 Comparaison de l'échantillon consensuel aux précédentes études

Date	Responsable de l'étude	Chromamètre utilisé	Pointeurs « Référence »	Echantillon global (nombre de carcasses)	Echantillon consensuel (% de l'effectif total)
1997	Denoyelle	CR-300	3 pointeurs IDELE	2 369	69,7%
		CR-310			
2006	Evrat-Georgel	CR-410	3 pointeurs OFIVAL	5 909	61,6%
2010	Evrat-Georgel	CR-410	3 pointeurs FAM	5 321	63,8%
2017	Chanteperrix	CR-400	3 pointeurs « Abattoirs »	6 624	71,4%

Tableau 2 Pourcentage de veaux concordants par classe entre les pointages « Référence » et les prédictions du chromamètre, tous sites confondus

	% veaux bien classés	Parmi les veaux mal classés :		
		% classes contiguës	% notes supérieures	% notes inférieures
Echantillon global * Equations 1	81,5	98,6	47,7	52,3
Echantillon global * Equations 2	81,7	98,8	46,7	53,3
Echantillon consensuel * Equations 1	83,1	99,4	43,9	56,1
Echantillon consensuel * Equations 2	82,9	99,0	42,6	57,4

Tableau 3 Répartition en pourcentage des veaux au sein des classes, tous sites confondus sur les échantillons global et consensuel

	Echantillon	n	0	1	2	3	4
Pointage 5 classes « Référence »	Global	6619	0%	6%	79%	12%	2%
	Consensuel	4729	0%	9%	74%	14%	3%
Notes prédites par les	Global	6622	0%	8%	78%	11%	3%

« équations 1 »	Consensuel	4727	0%	7%	79%	11%	3%
-----------------	------------	------	----	----	-----	-----	----

2.2. PREDICTION DES NOTES DE COULEUR EN 5 CLASSES VIA LES MESURES L, a, b

2.2.1. Pourcentage de veaux bien classés avec les équations de prédiction

La validité du classement en 5 classes avec le chromamètre est évaluée via l'analyse des concordances entre les notes visuelles données par les pointeurs « Référence » et les notes prédites selon les équations de prédictions développées.

Sur les 6 619 veaux représentant l'échantillon global (tableau 2), 81,5% des veaux sont bien classés via les « équations 1 » (c'est-à-dire les équations de prédictions établies sur l'échantillon global) et 81,7% via les « équations 2 » (c'est-à-dire les équations de prédictions établies sur l'échantillon consensuel). Sur les 4 729 veaux représentant l'échantillon consensuel, 83,1% des veaux sont bien classés via les « équations 1 » et 82,9% selon les « équations 2 ». Parmi les discordances, entre 42,6 et 47,7% des veaux sont affectés à des classes supérieures. Cela signifie que la prédiction, que ce soit via les « équations 1 » ou les « équations 2 », est légèrement, voire très légèrement, moins sévère que le classement visuel des pointeurs « Référence ». Globalement, il est possible de considérer que les erreurs d'affectation sont équilibrées. En moyenne, 99,0% des discordances portent sur les classes contiguës, le reste correspondant à des écarts de classement de 2 classes. Aucun écart supérieur à 2 classes n'a été observé.

2.2.2. Répartition des veaux bien classés avec les équations de prédiction

Le tableau 3 montre la répartition des veaux au sein des classes de couleur suite aux campagnes de mesures réalisées, dans l'échantillon consensuel et l'échantillon global

On peut retenir que :

- Il existe une excellente concordance de la répartition des veaux au sein des classes entre les pointages « Référence » et les notes prédites par le chromamètre CR-400 via les équations de prédictions développées sur l'échantillon global. pointages « Abattoir », en particulier sur les classes extrêmes. Les différences observées ne sont que de l'ordre de 1% en moyenne.
- Plus des ¾ des veaux sont classés dans la classe 2, que ce soit par les classements visuels des pointeurs « Référence » ou par les mesures du chromamètre CR-400 d'une part, et dans l'échantillon consensuel et global d'autre part. Ce résultat confirme l'importance des veaux se situant dans cette classe.
- Les classes extrêmes sont très peu représentées, que ce soit dans l'échantillon global ou dans l'échantillon consensuel. En effet, au cours des campagnes de mesures en abattoir, très peu de carcasses ont été notées « 0 » ou « 4 ». Afin de renforcer l'équation de prédiction, il serait judicieux d'accumuler davantage de mesures sur ces classes extrêmes.

CONCLUSION

Le travail de cette présente étude consistait à étalonner le chromamètre sur la base de campagnes de mesures et de

pointages qui ont été conduits dans différents abattoirs représentatifs de la population de veaux abattus en France.

La « stabilité » des pointages visuels étant la condition sine qua non à l'établissement d'une équation de prédiction sur le classement en 5 classes réalisé sur la base du nuancier résine, 4 pointeurs professionnels ont participé à un test de répétabilité et de reproductibilité. A l'issue de ce test, la répétabilité et la reproductibilité du jury ont été jugées bonnes, voire excellentes. Ces résultats ont de plus été confortés par les calculs de concordances entre les notes attribuées par chacun des pointeurs au cours du test. A son issue, les 3 pointeurs ayant obtenu les meilleurs scores de répétabilité et de reproductibilité ont été retenus pour la suite de l'étude. Ils ont participé aux 3 semaines de campagnes de mesures en abattoir comme pointeurs « Référence ». Les mesures instrumentales réalisées, lors de ces semaines, ont révélé une très bonne liaison entre les paramètres L, a, b et les notes des pointeurs « Référence » en 5 classes. Les performances de prédiction des notes en 5 classes avec les équations développées ont confirmé la capacité du chromamètre CR-400 à reproduire le classement visuel en 5 classes, avec :

- Un taux de veaux bien classés très satisfaisant de près de 83% sur l'échantillon consensuel, 81,5% sur l'échantillon global,
- Une répartition finale des veaux au sein des classes ne différant que d'1% en moyenne, dans l'échantillon consensuel tout comme dans l'échantillon global.

Cependant, plus des ¼ des veaux ont été classés dans la classe 2 et les classes extrêmes sont très peu représentées, que ce soit dans l'échantillon global ou dans l'échantillon consensuel. Afin d'améliorer la précision de l'équation de prédiction, il serait judicieux d'accumuler davantage de mesures sur ces classes extrêmes.

Les résultats du chromamètre CR400 pour reproduire le classement couleur en 5 classes ont été validés par la filière. Son utilisation à l'abattoir est donc possible même si cela implique des règles d'utilisation strictes afin d'assurer la fiabilité de la notation avec une mesure semi-automatique. Un cadre est en cours d'élaboration, par la filière, pour envisager la mise en place effective de la mesure instrumentale de la couleur en routine. Charge donc à l'interprofession et aux abattoirs d'engager des réflexions sur la mise en place en abattoir de cet outil.

Denoyelle C. et al, 1999. Objective measurement of veal color for classification purposes; Meat Science, 53(3):203-9.

Evrat-Georgel C., 2006. Mise en place d'un test opérationnel de systèmes de mesure de la couleur de la viande de veau en routine sur la chaîne d'abattage, Programme d'étude INTERBEV, Interveaux, Office de l'Elevage, CR Institut de l'Elevage n°170631016, décembre 2006.

Evrat-Georgel C., 2010. Elaboration et construction du nouveau nuancier de couleur de la viande de veau, Programme d'étude INTERBEV, Interveaux, CR Institut de l'Elevage n°001032009, 2010.

Evrat-Georgel C., 2012. Aide à la mise en place de la mesure instrumentale en abattoir : suivi de la période d'essai et amendement du cahier des charges, Programme d'étude INTERBEV, Interveaux, Office de l'Elevage, CR Institut de l'Elevage, décembre 2013.

Hulsegge B., Engel B., Buist W., Merkus G.S., Klont R.E., 2001. Instrumental colour classification of veal carcasses. Meat Sciences, 57, 191-195.

Lucassen M., Alferdinck J, Van Megen R., 2010. Color classification of veal carcasses: past, present and futur