



LE POINT SUR ...

La couleur de la viande bovine



Juillet 2006

LE POINT SUR...

LA COULEUR DE LA VIANDE BOVINE

SOMMAIRE

| | Fiche n° |
|---|----------|
| ● Avertissement aux lecteurs | 0 |
| ● Généralités sur la couleur | 1 |
| ● Les 4 composantes de la couleur de la viande | 2 |
| ● La composante structurelle et l'acidification du muscle (pH) | 3 |
| ● La réduction des viandes à coupe sombre | 4 |
| ● La composante quantitative et l'intensité de la pigmentation | 5 |
| ● La composante qualitative et la stabilité de la couleur | 6 |
| ● La préservation de la couleur des viandes réfrigérées | 7 |
| ● Le « bordage » de la viande | 8 |
| ● La composante bactériologique et la stabilité de la couleur | 9 |
| ● L'évaluation sensorielle de la couleur | 10 |
| ● L'évaluation instrumentale de la couleur | 11 |
| ● Quelques mesures physico-chimiques | 12 |
| ● Les colorimètres | 13 |
| ● Les spectrophotomètres, spectrocolorimètres et réflectomètres | 14 |
| ● Les conditions de réalisation des appréciations | 15 |
| ● Bibliographie | 16 |
| ● Lexique | 17 |

La couleur de la viande bovine

AVERTISSEMENT AUX LECTEURS

La couleur de la viande est souvent déterminante dans la décision d'achat du consommateur. Par son intensité, son homogénéité, sa perfection, elle répond plus ou moins bien aux attentes de celui-ci ; de plus, elle est instinctivement associée à la notion de **fraîcheur** du produit. Elle constitue une préoccupation importante de la filière et tient donc une place prépondérante dans les transactions commerciales entre opérateurs, qu'elle participe directement ou non, au prix payé à l'éleveur.

De multiples interrogations se posent sur la gestion de ce critère de qualité et sur sa mesure : comment maîtriser l'intensité de la couleur ? Comment éviter son altération ? Comment évaluer la pigmentation de la viande ?
...

Plusieurs études ont été menées sur le sujet durant la dernière décennie, notamment par l'Institut de l'Élevage. Elles sont porteuses de nouveautés pour les professionnels intéressés, et justifient la compilation de l'ensemble des connaissances actuelles et la rédaction du présent document.

Ce « Point sur » souhaite dresser un **panorama des multiples aspects de la couleur** des viandes bovines. Il doit avant tout permettre au lecteur d'acquérir une « culture générale » sur ce thème. En cas de nécessité, ceci facilitera les échanges avec les divers spécialistes du sujet. La résolution de certains problèmes, la réalisation d'essais ou encore la mise en place de systèmes opérationnels de mesure de la couleur de la viande, pourront effectivement nécessiter les conseils éclairés d'experts.

Clé de lecture du document

Les fiches de ce document sont regroupées en 4 thèmes généraux, repérables par une couleur différente.

Introduction sur la couleur ; cas particulier de la viande

Fiches oranges

Différentes composantes de la couleur et possibilités de maîtrise

Fiches vertes

Méthodes d'appréciation actuelles et futures

Fiches bleues

Bibliographie et lexique

Fiches violettes

Savoir poser (et se poser) les bonnes questions permettra alors d'avancer plus facilement et de façon plus pertinente sur cet aspect complexe qu'est la couleur de la viande.

En introduction, le rappel de quelques notions de base sur la couleur d'un produit a semblé souhaitable, pour un lecteur non averti.

Le corps du document est formé des deux séries de fiches :vertes et bleues.

- **Les fiches vertes, 3 à 9**, détaillent les différentes composantes de la couleur d'une viande : structure physique du muscle, pigmentation musculaire et altérations de couleur au fil du temps. Les principaux facteurs de variation impliqués sont évoqués, de sorte à identifier ceux sur lesquels il est possible d'agir, pour une meilleure maîtrise de la couleur du produit.
- **Les fiches bleues suivantes, 10 à 15**, abordent les principaux outils à disposition pour mesurer la couleur : principales caractéristiques des méthodes sensorielles et instrumentales, matériels disponibles, conditions de réalisation des mesures...

Différents termes techniques sont définis dans le **lexique final** ; ils sont suivis d'un astérisque (*) lors de leur première apparition dans le texte.

Quelques expressions n'apparaissant pas dans le document, mais jugées intéressantes dans le présent contexte, sont également définies à titre informatif.

Le présent « Point sur... » s'intéresse essentiellement à la couleur de la viande de **gros bovins**. Toutefois, en raison de ses spécificités, la couleur de la viande de veaux peut être évoquée (dans un paragraphe spécifique ou au fil du texte). En effet, les nombreuses particularités de la couleur de cette viande méritent parfois un rappel, afin d'éviter toute extrapolation abusive, de faciliter une prise de recul du lecteur et/ou d'enrichir les informations proposées. La filière veau a notamment beaucoup travaillé sur la mesure de la couleur de la viande.

En guise de **conclusion**, la figure 1 tente de récapituler de façon synthétique, l'incidence des différents facteurs de variation sur les 3 principales composantes de la couleur des viandes bovines :

- facteurs biologiques liés au muscle ou à l'animal, souvent plus « subis » que réellement maîtrisés : race, sexe, âge, individu...
- facteurs zootechniques, liés à l'élevage : mode de conduite, alimentation, logement, exercice physique...
- facteurs technologiques, intervenant dès le départ de l'animal pour l'abattoir et surtout après la mort : pré-abattage, abattage, réfrigération, travail de la viande, conservation...

Figure 1 : Incidence des différents facteurs de variation sur la couleur de la viande

| | Facteurs biologiques | | Facteurs zootechniques | Facteurs technologiques |
|------------------------------|----------------------|--------|------------------------|-------------------------|
| | Muscle | Animal | | |
| pH et structure du muscle | * | * | * | *** (pré-abattage) |
| Intensité de la pigmentation | ** | *** | ε | - |
| Préservation de la couleur | ** | ** | * | *** |

La couleur de la viande bovine

GÉNÉRALITÉS SUR LA COULEUR

L'IMPORTANCE DE LA COULEUR À L'ACHAT

La couleur* de la viande détermine en grande partie l'**aspect vendeur** du morceau. Depuis les années 60, avec le développement des formes modernes de distribution (G.M.S.*) et des rayons libres service, l'acheteur se retrouve souvent seul pour apprécier la qualité du produit (fig. 1). Face aux viandes fraîches préemballées, en barquettes ou caissettes, et en l'absence du conseil du boucher, il se fie à ses sens et d'abord à **ce qu'il voit**.

Les éléments qu'il prend alors en compte sont, par exemple, l'importance relative du gras* et des os, l'exsudation, la qualité de la coupe, la taille de la portion... et **la couleur** de la viande.

Le choix d'une viande à l'étal dépend beaucoup de sa couleur



La couleur d'un objet dépend de la lumière qui l'éclaire, des caractéristiques de l'objet, et de l'observateur ou détecteur qui reçoit et analyse les informations en finale.

Une couleur se définit par :

- sa teinte, liée à la nature du pigment présent,
- sa saturation, dépendante de la quantité de pigment,
- sa luminosité, fonction de la structure physique de l'objet et du type d'éclairage.

Celle-ci est très liée à l'idée que se fait le consommateur de la qualité du produit.

Deux aspects sont considérés :

- le niveau de coloration de la viande fraîche et son homogénéité,
- l'absence d'altération de la couleur et la persistance de cet état au cours de la conservation ménagère.

LA NOTION DE COULEUR

La couleur d'un produit est fonction de sa **capacité à réfléchir** les longueurs d'onde* de la lumière visible*. Ces dernières sont globalement comprises entre 380 (ultraviolets*) et 780 (infrarouges*) nanomètres* (nm).

Figure 1 : Evolution de la part des circuits de distribution dans les achats des ménages en viande bovine (fraîche et congelée – hors restauration hors foyer)

| | 1985 | 1990 | 1995 | 1997 | 1999 | 2002 |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| GMS, dont : | 55 % | 63 % | 72 % | 77 % | 80 % | 79 % |
| Hypermarchés + supermarchés (1) | 16 % + 39 % | 25 % + 38 % | 32 % + 40 % | 39 % + 38 % | 41 % + 39 % | 40 % + 39 % |
| Bouchers + marchés | 40 % | 33 % | 24 % | 21 % | 19 % | } 21 % |
| Autres | 5 % | 4 % | 4 % | 2 % | 1 % | |

(1) dont Hard discount

(Institut de l'Elevage, 2002 et 2003, d'après SECODIP)

Pour qu'il y ait couleur, il faut **3 éléments** (fig.2) :

- une source lumineuse* qui éclaire dans le spectre visible* (lumière incidente),
- un objet qui, selon ses caractéristiques propres, absorbe plus ou moins la lumière reçue et réfléchit le reste (lumière réfléchie),
- un détecteur : l'œil ou un appareil de mesure, qui capte la lumière réfléchie, puis l'analyse.

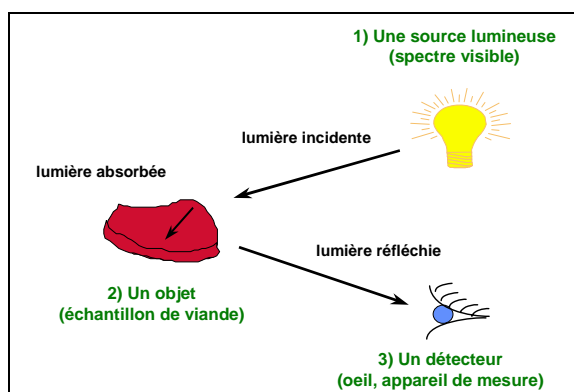
Dans le cas où le détecteur est l'œil, la lumière peut être définie comme un rayonnement visible*, qui stimule la rétine* de l'œil et rend possible la vue. La stimulation de l'œil parvient au cerveau où naît l'idée de « couleur », réponse du cerveau à l'information envoyée par l'œil.

Concernant **les caractéristiques de l'objet coloré***, de manière schématique, plus le produit possède une structure physique lui permettant de réfléchir la lumière, plus il apparaît clair. Un produit blanc est ainsi un produit qui reflète totalement la lumière.

A l'inverse, plus l'objet absorbe la lumière qu'il reçoit, plus il semble sombre. Un produit noir absorbe totalement la lumière.

La comparaison de la couleur de plusieurs produits doit nécessairement se faire à mêmes sources lumineuses et détecteurs. Dans le cas contraire, il est impossible d'attribuer avec certitude les écarts de couleur observés aux produits eux-mêmes : ces écarts pourraient également provenir des différences de sources lumineuses ou de détecteurs employés (type de détecteur, étalonnage*, réglage...).

Figure 2 : Couleur et transmission des longueurs d'onde du visible



LES 3 ASPECTS DE LA COULEUR

Le détecteur permet de caractériser la couleur d'un objet, ou produit, **selon 3 critères indépendants**.

La teinte*, ou tonalité, correspond à la longueur d'onde dominante du spectre d'absorption : rouge, jaune, vert, bleu... C'est la couleur pure dont la couleur du produit se rapproche le plus.

Elle est fonction de la nature du pigment* colorant le produit.

La saturation*, ou facteur de pureté, exprime la proportion de couleur pure dans la couleur considérée. Elle indique la façon plus ou moins intense dont la couleur du produit se rapproche de la couleur pure considérée. Elle est inversement proportionnelle à la quantité de blanc dans la couleur. Un rouge peut être vif ou terne, grisâtre.

La saturation dépend de la quantité de pigment présent dans l'objet.

La luminosité*, ou clarté*, permet de différencier deux couleurs de mêmes teintes et saturations. Un rouge peut être plus ou moins clair.

La luminosité dépend de la structure physique du produit éclairé et des caractéristiques de l'éclairage.

La teinte et la saturation définissent la chromaticité*.

La viande bovine fraîche est d'un rouge plus ou moins vif et lumineux



Sources :

Institut de l'Elevage (2002) Segmentation de la viande bovine dans les GMS. Stratégies de la grande distribution face à la crise en 2001. Le Dossier Economie de l'Elevage, 309.

Institut de l'Elevage (2003) L'utilisation de la viande bovine d'origine française et étrangère. Après le choc de la seconde crise ESB, vers un retour à la normale... Le Dossier Economie de l'Elevage, 320.

MINOLTA (1994 ?) Analyse des couleurs, parlons clair. De l'appréciation de la couleur à la mesure précise par l'instrument.

ROSSET M. R. et LIGER P. (1983) La couleur de la viande. Actualités scientifiques et techniques en industries agro-alimentaires, 22, 101 p. APRIA, Paris.

La couleur de la viande bovine

LES 4 COMPOSANTES DE LA COULEUR DE LA VIANDE

Dans le cas particulier de la viande, la couleur comprend **4 composantes** majeures, lesquelles interviennent sur le produit frais ou en cours de conservation (fig. 1).

2 COMPOSANTES SUR VIANDE FRAÎCHE

A l'état frais, les différences de couleur de viande sont principalement attribuées aux 2 composantes suivantes :

- la structure physique du muscle, liée à son degré d'acidification (pH*), qui modifie la luminosité du produit,
- la quantité de pigment rouge dans le muscle, pigment riche en fer*, qui détermine la saturation de la couleur.

La couleur rouge vif détermine l'aspect vendeur de la viande fraîche



2 COMPOSANTES DURANT LA CONSERVATION

Au cours de la conservation, 2 autres composantes interviennent pour modifier la teinte du produit :

- la « qualité » du pigment musculaire, à savoir sa forme chimique, qui évolue au cours du temps,
- le développement des bactéries* en surface de la viande et ses possibles interactions avec la forme chimique du pigment.

Les principales caractéristiques de la viande impliquées dans la couleur sont :

- la structure du muscle,
- la quantité de pigment musculaire présent,
- l'état chimique de ce pigment,
- dans certains cas, la contamination* bactérienne de surface du produit.

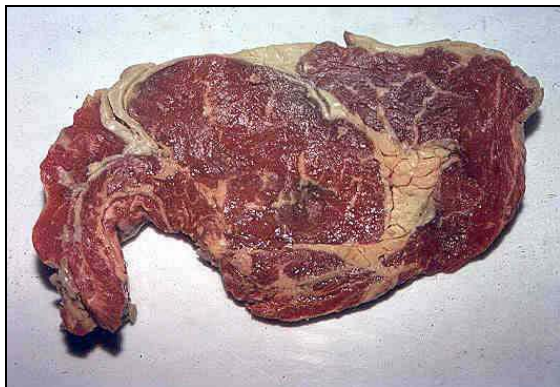
Les deux derniers paramètres interviennent essentiellement au cours de la conservation de la viande. D'autres aspects tels que la teneur en gras intramusculaire, le dessèchement ou la présence d'une pellicule d'eau en surface peuvent également modifier l'impression colorée.



Une couleur plus ou moins attrayante selon le pH de la viande (à droite côte de bœuf à pH élevé)



Un début d'altération de couleur sur entrecôte



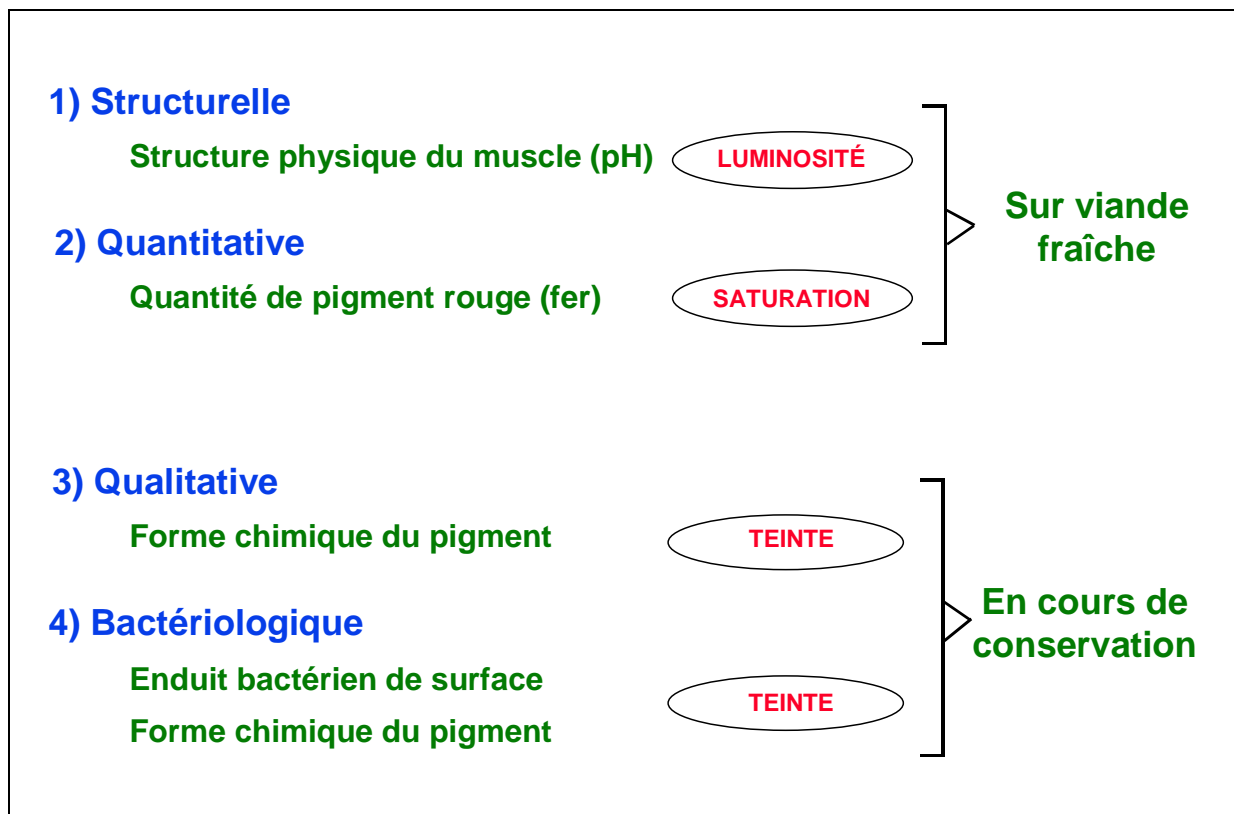
Les chapitres suivants détaillent chacune de ces 4 composantes, leurs principaux facteurs de variation et leur possibilité de maîtrise, dans l'optique de satisfaire au mieux le consommateur

D'AUTRES ASPECTS INTERVIENNENT PARFOIS

D'autres éléments sont susceptibles d'interférer avec la couleur de la viande, telle la **teneur en gras** intramusculaire (persillé*), ou encore l'**eau** en surface du produit.

Mais ces aspects interviennent **de façon indirecte** dans la couleur de la viande et ne font donc pas l'objet d'un développement spécifique dans les fiches qui suivent.

Figure 1 : Les 4 composantes de la couleur de la viande



Le gras de la viande peut modifier l'impression colorée



La teneur en gras intramusculaire

Elle pourrait expliquer une partie des écarts de luminosité observés entre viandes d'animaux élevés selon différents systèmes de production. Il s'agit notamment du cas des bovins au pâturage dont les viande semblent plus sombres, moins lumineuses, que celles de leurs congénères élevés au concentré (lequel favorise le dépôt de gras intramusculaire).

Mais, si tel est réellement le cas, le persillé n'est sans doute pas le seul élément en cause (fiches 3, 4 et 5).

Quant au **rôle de l'eau en surface** du produit, **deux cas** de figures se rencontrent.

Le dessèchement de surface

C'est le cas le plus fréquent, et de loin (exemple d'une viande conservée un certain temps sans protection en chambre froide) ; il donne l'impression d'un produit **plus sombre**.

L'irisation

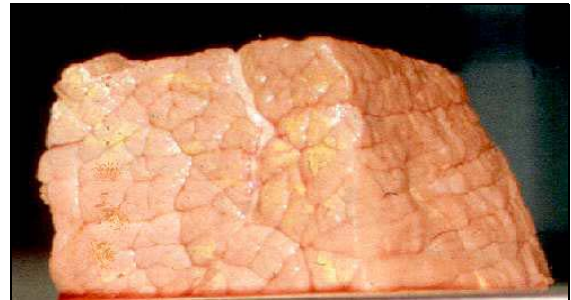
Moins courante que le dessèchement, l'irisation* se traduit par un reflet vert doré ou arc-en-ciel sur les tranches de viande de bœuf crue. Ce phénomène est toutefois **rare** : il touche apparemment plutôt les muscles clairs, pauvres en pigments, telle la tranche ou le rond de gîte.

L'irisation est beaucoup plus fréquente sur les viandes séchées ou cuites (façon jambon cru, viande des Grisons, jambon de Paris...).

Elle nuit à la présentation et à la qualité commerciale du produit, mais celui-ci reste parfaitement consommable.

Il s'agit en effet d'un phénomène de coloration, essentiellement superficiel, qui se rapproche des reflets que présentent parfois les nappes d'eau souillées d'huile.

Une viande irisée (reflets sur la viande)

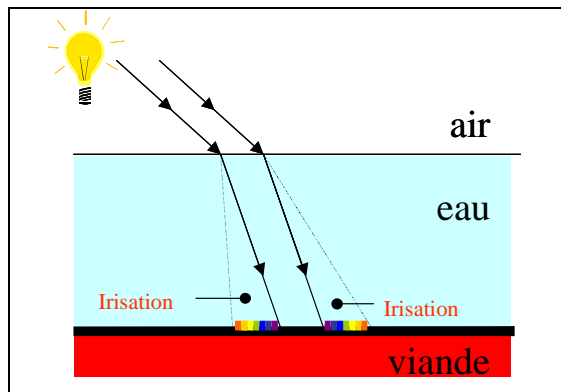


Ces reflets de couleur sont liés au dépôt d'une fine pellicule d'eau sur la viande qui décompose la lumière (façon arc-en-ciel – fig. 2).

C'est un phénomène purement optique, lié à l'état d'humidité de surface de la coupe du muscle. Il peut apparaître ou disparaître selon :

- l'humidité de surface de la viande,
- l'angle d'observation du morceau,
- l'angle d'éclairage de celui-ci.

Figure 2 : Schéma expliquant le phénomène d'irisation



L'irisation n'a pas d'origine bactériologique et ne peut être confondue avec les colorations vertes parfois engendrées par le développement d'un film bactérien de surface, souvent visqueux (fiche 9). Dans certaines situations, l'irisation peut provenir de la capacité du collagène (aponévroses) à décomposer la lumière qui le traverse.

Sources :

HERENDA D. C., FRANCO D. A. (1991) *Food Animal Pathology and Meat Hygiene*. Mosby Year Book.

LOUISFERT S. (1993) *La couleur de la viande*. Institut de l'Elevage, Villers-Bocage, France.

PRIOLO A., MICOL D., AGABRIEL J. (2001) *Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review*. *Anim. Res.*, 50, 185-200.

RAYNAUD S., TRIBOT LASPIÈRE P. (2004) *Le Point sur... Savoir gérer les anomalies de la viande au stade de la distribution*. Collection INTERBEV, 03/2004. Institut de l'Elevage, INTERBEV, Paris.

WILSON A. (1991) *Practical meat inspection*. Fifth edition. Blackwell Scientific Publications.

La couleur de la viande bovine

LA COMPOSANTE STRUCTURELLE ET L'ACIDIFICATION DU MUSCLE (pH)

La structure du muscle influence l'absorption et la diffusion de la lumière incidente, donc la couleur de la viande.

LA CHUTE DU pH MUSCULAIRE

Après l'abattage, le muscle voit ses caractéristiques évoluer, notamment son acidité, évaluée par le pH (fig.1). Ce dernier passe ainsi d'un niveau proche de 7,0 dans le muscle vivant, à environ 5,5-5,7 dans le morceau (muscle de référence : faux-filet). Cette **acidification, bénéfique** à la conservation, prend généralement 48 heures. Mais, il est admis qu'une bonne approximation du pH ultime* des muscles peut être faite dès 24 heures *post mortem*.

Figure 1 : Définition du Ph



- A pH = 7, le produit est NEUTRE
- Au dessus de 7 le produit est BASIQUE, en dessous il est ACIDE, comme la viande
- Plus le pH est bas, plus le produit est ACIDE



La structure du muscle influence la diffusion de la lumière, donc la couleur de la viande. Elle dépend de l'acidification du muscle après la mort.

Chez les gros bovins, l'acidification peut être insuffisante, du fait d'une consommation excessive des réserves énergétiques des muscles juste avant la mort. On parle de viandes à pH élevé (> 5,8 ou 6,0), ou encore de viandes à coupe sombre, en raison de leur couleur très caractéristique. Ces viandes, d'aspect peu attractif, sont moins bien valorisées que la normale.

L'acidification s'accompagne de **modifications de la structure** du muscle, donc de sa couleur.

A pH élevé, supérieur au point isoélectrique des protéines, la structure du muscle est dite « ouverte » : les chaînes protéiques sont chargées électriquement et se repoussent ; elles enserrant en leur sein des molécules d'eau. La lumière pénètre en profondeur dans le muscle et la part de lumière réfléchi est relativement faible.

Aussitôt après l'abattage, la viande présente donc un bon pouvoir de rétention d'eau (P.R.E.) et une couleur sombre.

Lorsque le pH baisse, on se rapproche du point isoélectrique des protéines. Leurs charges diminuent et elles se resserrent par un effet d'attraction réciproque. Ce réseau protéique musculaire présente alors une structure « fermée ». La lumière pénètre peu dans le muscle et le pourcentage de lumière réfléchi est important, d'où une viande plus claire, à teneur en pigment identique. Le resserrement du réseau protéique entraîne, en parallèle, une diminution du pouvoir de rétention d'eau du muscle, donc des pertes de masse lors de la conservation (fig.2 et encadré).

LES ÉCARTS DE COULEUR LIÉS AUX pH « NORMAUX »

En conditions d'acidification normales de la viande, le pH ultime peut induire des différences de couleur entre animaux.

Un lien entre le pH et la forme chimique du pigment

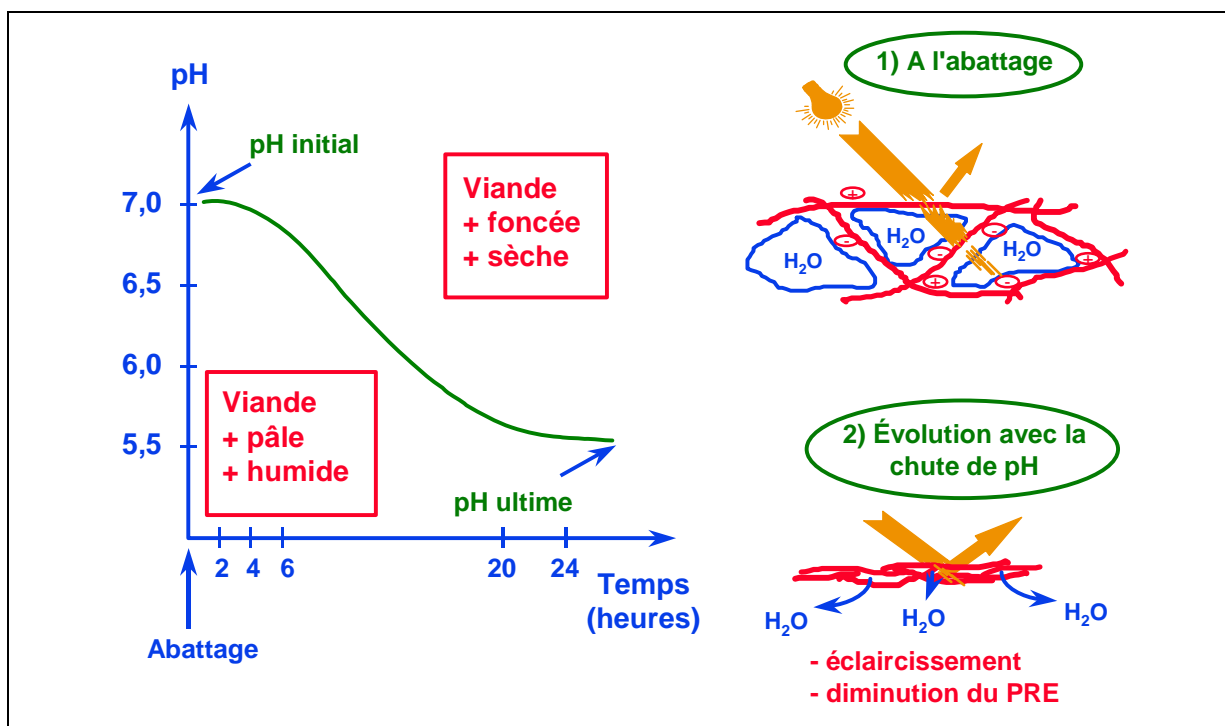
En réalité, pour être un peu moins caricatural, il y a deux principales raisons à l'éclaircissement de la viande avec la chute de pH.

La principale, précédemment évoquée, concerne la modification de structure musculaire engendrée par l'acidification, qui conduit la viande à réfléchir plus fortement la lumière.

La seconde tient à l'impact du pH sur la forme chimique prise par la myoglobine*, pigment colorant la viande (fiche 6) :

- un pH ultime bas (5,2 à 5,5), cas des viandes P.S.E., favorise l'autoxydation* de la myoglobine* oxygénée ou réduite, d'où une teinte plus faible,
- un pH ultime normal (5,5-5,7) limite la consommation d'oxygène par le muscle et le pigment reste sous sa forme oxygénée rouge vif en surface,
- un pH ultime élevé (6,3-6,7), cas des viandes D.F.D., accroît au contraire cette consommation en oxygène, d'où un pigment qui tend à rester à l'état réduit, rouge sombre.

Figure 2 : Evolution du pH musculaire après l'abattage et couleur de viande



C'est du moins l'une des explications avancées à la différence de couleur parfois observée entre bovins au pâturage et bovins à l'auge. La moins grande luminosité des viandes d'animaux élevés à l'herbe serait partiellement due à un pH ultime plus élevé, (différence faible mais significative – fiche 5).

Toutefois, le lien entre pH et couleur est surtout évident lors de l'apparition de certains problèmes liés à l'acidification de la viande.

LES PROBLÈMES DE COULEUR LIÉS AU pH

Plusieurs types de problèmes peuvent se rencontrer, liés à la vitesse de chute du pH ou au pH atteint en finale dans la viande : le pH ultime.

Dans certaines conditions, **la chute du pH** peut être hétérogène au sein du muscle et conduire à l'apparition momentanée d'une double coloration de viande. Ce phénomène est connu sous le nom de « **heat ring** »*, ce qui signifie « anneau de chaleur » en Anglais.

Il apparaît suite à une réfrigération rapide des carcasses* et se caractérise par une zone sombre en périphérie de certains muscles. La coloration spécifique de cette zone provient d'un pH plus élevé qu'à cœur du muscle.

Les problèmes de couleur **relatifs au pH ultime** concernent les **viandes insuffisamment acidifiées**, à pH élevé, appelées viandes à coupe sombre* ou encore viandes D.F.D.* : sombres, fermes, sèches (de l'Anglais « Dark, Firm, Dry »).

Concernant les gros bovins, la principale problématique couleur liée à la structure du muscle réside dans la réduction des viandes à coupe sombre.

Chez les porcs

Les viandes de porc peuvent présenter différentes anomalies de couleur liées à l'acidification *post mortem*.

Il peut s'agir :

- de viandes insuffisamment acidifiées (pH > 6,2), à coupe sombre, comme chez les gros bovins, mais il ne s'agit pas là du problème principal,

- de viandes au contraire trop acides (pH inférieur à 5,4-5,5), que leurs caractéristiques rapprochent du cas suivant,

- de viandes trop rapidement acidifiées, encore appelées viandes exsudatives, viandes pisseuses ou viandes P.S.E.* : pâles, molles, exsudatives (de l'Anglais « Pale, Soft, Exsudative »),

L'acidification trop rapide de ces dernières entraîne une précipitation partielle de certaines protéines musculaires, notamment du pigment qui colore le muscle, dès lors pour partie dissimulé. Il en résulte une plus grande capacité de réflexion de la lumière, soit une coloration plus claire.

Le phénomène est observé lorsque le pH atteint des valeurs inférieures à 6 alors que la température de la carcasse est encore élevée (supérieure à 30°C chez le porc).

Outre le porc, le veau de boucherie (voir plus loin) est potentiellement concerné, mais dans une moindre mesure, par des chutes de pH trop rapides. Le phénomène touche peut-être aussi certains gros bovins, par exemple des animaux très bien conformés, dont les muscles volumineux restent à température élevée à cœur durant assez longtemps ; associée à une chute rapide du pH, cette température élevée peut donner des viandes plus claires.

Le « heat ring » est un phénomène transitoire et plutôt anecdotique, même s'il est intéressant de l'évoquer, ne serait-ce que pour le démystifier.

EXPLICATION DU « HEAT RING »

Le « heat ring » s'explique par l'établissement d'un **gradient de température dans le muscle**, lors de la réfrigération de la carcasse. Ce gradient **induit un gradient de pH**, donc de couleur de viande.

En effet, lors d'une réfrigération rapide de carcasses lourdes et bien conformées, le cœur de certains muscles présente des températures plus élevées que la surface, en raison d'une certaine inertie thermique.

Ces températures plus élevées à cœur permettent une chute de pH plus rapide. Le pH est donc d'autant plus bas et la couleur de viande d'autant plus claire et proche son état « final », que l'on s'éloigne de la surface du muscle, d'où l'impression d'une auréole sombre en périphérie. Quel opérateur de transformation n'a jamais fait ce genre de constat, à la coupe de gros ?

Le phénomène est observé sur des viandes trop vite « traitées », en vue d'une expédition rapide hors de l'entreprise : les muscles peuvent être encore un peu « chauds » à cœur lorsque la coupe avant/arrière est réalisée.

Le « heat ring » apparaît dès lors, qui peut inquiéter les commerciaux, car il est rarement reconnu pour ce qu'il est : **un phénomène transitoire** par sa nature même. L'auréole sombre en périphérie du long dorsal, traduisant un pH en cours de chute, est visible à la coupe de gros, mais elle a disparu 48 heures *post mortem*, puisque le pH ultime est alors atteint en tout point du muscle. Malheureusement, à ce stade, les opérateurs responsables de la commercialisation des carcasses ne sont plus en mesure de constater ce retour à la normale...

Afin d'éviter tout problème de ce type, en cas de réfrigération rapide, il est possible d'avoir recours à la **stimulation électrique*** des carcasses sur la chaîne d'abattage*. Celle-ci accélère la vitesse de chute de pH et permet, par ailleurs, de limiter le risque de contracture au froid* de l'animal (qui se produit lors de la conjonction d'une température basse dans les muscles et d'un pH encore élevé). Le pH ultime des carcasses stimulées est atteint environ 10 heures *post mortem*. Le risque de constater un « heat ring » à la coupe de gros est donc éliminé.

En France, la stimulation électrique est généralement une stimulation basse tension, appliquée dans les quelques minutes qui suivent l'abattage ; mais elle est peu développée.

Muscle bicolore suite à un gradient de pH



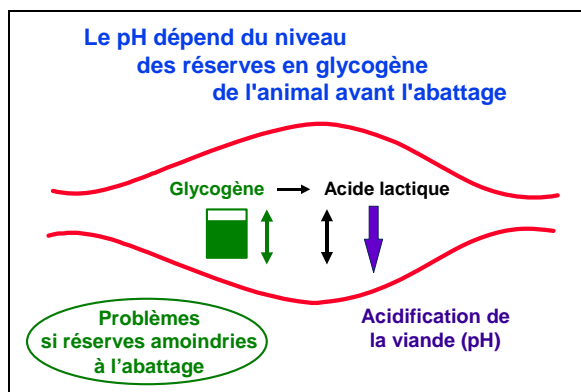
ORIGINE DES VIANDES À COUPE SOMBRE

Les viandes à coupe sombre sont des viandes **insuffisamment acidifiées** : l'acidification du muscle *post mortem* s'arrête alors que le pH est encore élevé, la valeur seuil retenue étant généralement de 6,0 (voire 5,8 dans certains cahiers des charges ou pour certains pays). Toute viande de pH ultime supérieur ou égal à cette valeur est considérée comme **viande à problème**.

L'origine des viandes à coupe sombre réside dans la diminution des réserves en sucre (glycogène*) des muscles juste avant l'abattage, sans que l'animal n'ait la possibilité de les reconstituer par une alimentation adaptée. Lors de la mort, il ne reste pas suffisamment de glycogène musculaire pour permettre une acidification normale des muscles.

Après l'abattage, le muscle continue à fonctionner, en consommant les réserves énergétiques qui lui restent. L'acide lactique, sous-produit de cette consommation, s'accumule dans le muscle du fait de l'arrêt de la circulation sanguine, et provoque l'acidification. Toute diminution des réserves en glycogène musculaire avant la mort, induit donc une diminution potentielle de l'acide lactique produit et peut conduire, en finale, à une viande insuffisamment acidifiée (fig.3).

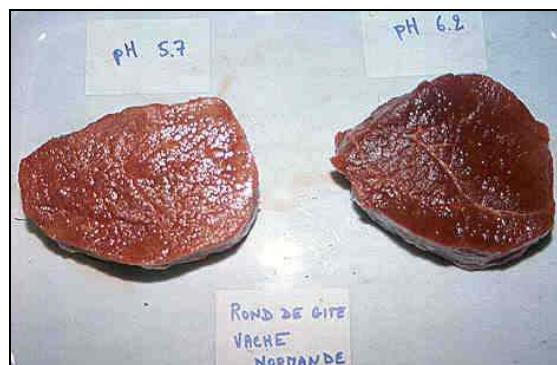
Figure 3 : Origine de l'acidification du muscle



Sans aller aussi loin, **en conditions normales d'acidification**, des écarts de teneur en glycogène musculaire peuvent induire des différences de couleur de viande, via le niveau du pH ultime (celui-ci restant dans les limites de la normalité). En réduisant les réserves en glycogène, l'activité physique serait ainsi responsable d'un pH ultime légèrement plus élevé chez les animaux à l'herbe que chez ceux au concentré.

Ceci serait l'une des explications de la viande parfois jugée plus sombre, moins lumineuse et moins rouge, des bovins au pâturage. D'autres phénomènes interviendraient également (fiches 2, 4 et 5).

Différences de couleurs liées à des différences de pH ultimes



CARACTÉRISTIQUES DES VIANDES À COUPE SOMBRE

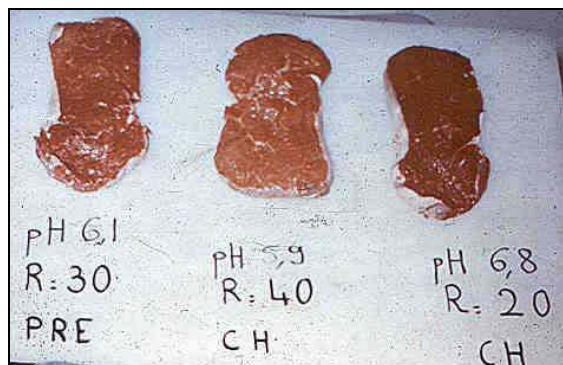
Une viande à pH élevé présente **les particularités suivantes** :

- une **couleur sombre** tout à fait particulière,
- une texture sèche, voire collante, liée à un fort pouvoir de rétention d'eau, ces deux aspects étant à mettre sur le compte de la structure encore « ouverte » du muscle (fig. 2),
- une moindre aptitude à la conservation.

Compte tenu de ces inconvénients, les viandes à pH élevés ne peuvent entrer dans les circuits commerciaux classiques.

Elles subissent des **dépréciations commerciales** importantes, de l'ordre de 30 à 35% en moyenne, mais variables selon le circuit de commercialisation : cheville, catégoriel, haché... Ces viandes restent toutefois consommables, mais dans de brefs délais.

Sur viande bovine, un gradient de couleur qui suit celui du pH



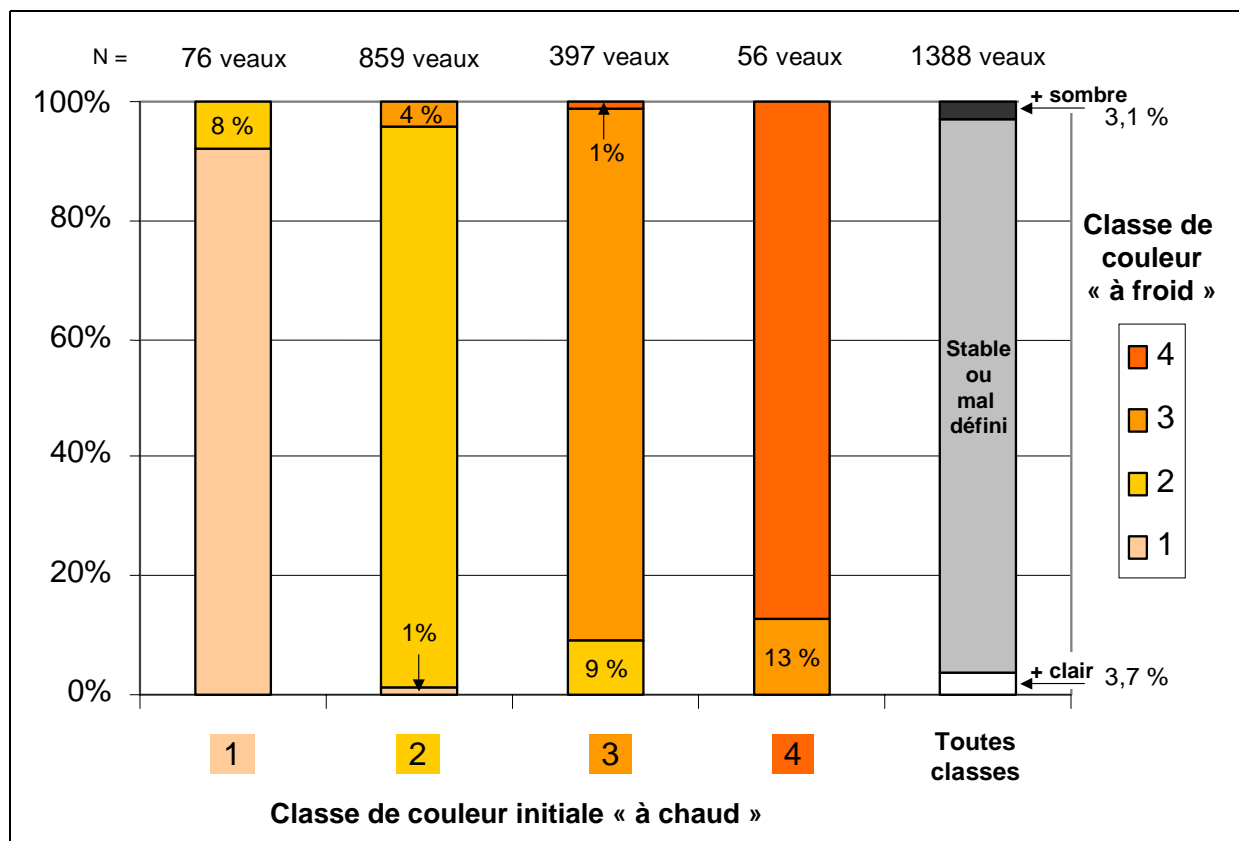
ET LE VEAU ?

La couleur de la viande de veau est classiquement appréciée en fin de chaîne d'abattage, au stade de la pesée fiscale, alors que le pH musculaire démarre juste sa chute. Une telle appréciation, totalement aberrante en viande de gros bovins, est possible chez le veau, du fait d'un lien assez lâche entre le pH et la couleur du muscle.

Une récente enquête sur près de 1400 veaux de boucherie montre que la couleur de ce type de viande évolue peu après la mort (fig. 4) : 3,7% des veaux s'éclaircissent et 3,1% s'assombrissent entre 45 minutes et 24 heures *post mortem*, que la couleur soit évaluée à l'œil ou de manière instrumentale (chromamètre* - fiche 13).

De manière générale, les viandes de veau présentent globalement **peu de problèmes liés à l'acidification musculaire**. Certes, des viandes à pH élevé ou exsudatives peuvent occasionnellement se rencontrer, mais beaucoup plus rarement que chez les gros bovins, ovins ou porcins. De tels problèmes sont surtout observés en conditions expérimentales ou suite à des traitements d'abattage / transformation particuliers.

Figure 4 : Evolution du classement couleur au cours du refroidissement des carcasses de veau (pointage visuel et mesures colorimétriques)



Ainsi, l'apparition de viandes de **veau à pH élevé** peut-elle être induite, en laboratoire, par des injections d'adrénaline* avant la mort, induisant une consommation des réserves musculaires.

En conditions normales et réalistes de conduite des animaux, il est plus difficile d'observer des viandes à coupe sombre chez de très jeunes animaux, tels les veaux de boucherie. Leurs réserves en glycogène musculaire sont très importantes. Même amoindries, elles restent presque toujours suffisantes pour permettre une acidification correcte après la mort. Les viandes à pH élevé sont donc rarement un problème chez le veau de boucherie, même si elles existent.

Il en est de même des **viandes exsudatives**. Elles peuvent apparaître suite à la stimulation électrique des carcasses sur la chaîne d'abattage. Mais, ce genre de traitement est loin d'être généralisé en France, et plutôt rencontré à l'Étranger, par exemple aux Pays-Bas.

Reste qu'en **conditions normales d'acidification** de la carcasse, la couleur de certains muscles du veau peut être liée à la **vitesse de chute du pH**. Ainsi, pour un muscle à chute de pH rapide tel que le filet, l'intensité de la couleur dépend plus de la vitesse de chute du pH, que de la teneur en pigment. C'est le contraire pour un muscle à chute de pH lente, comme le faux-filet.

Sources :

ANONYME (1988) *Le chemin de la qualité passe par vous*. Institut de l'Élevage, INTERBEV, Paris.

ANONYME (1989) *Viande de porc. Le tri selon la qualité*. ITP, Paris.

BASTIEN D. (1997) *Le « bordage » de la viande chez les gros bovins. Origine et réalité du phénomène*. Institut de l'Élevage, INTERBEV, OFIVAL, Paris.

BOCCARD R., VALIN C. (1984) 1- *La rigidité cadavérique (ou rigor mortis)*. « Viandes » *Informations Techniques des services Vétérinaires*, 107-115.

COULON J.B., PRIOLO A. (2002). *La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des fourrages consommés par les animaux*. *INRA Prod. Anim.*, 15(5), 333-342.

LEGRAND I. (1996) *Conditions de pré-abattage et qualité du veau*. *Compte rendu d'étude*. Institut de l'Élevage, Villers-Bocage ; INTERVEAUX, Ministère de la Recherche et de la Technologie, OFIVAL, Paris.

LEGRAND I., FERNANDEZ X. (1997) *Influence des conditions de pré-abattage sur la qualité des carcasses et des viandes de veau*. *Viandes Prod. Carnés*, 18(2), 105-113.

MARTINEAU C., BERTRAND G., LEQUENNE D. (2005) *Evolution post mortem de la couleur des carcasses de veaux*. *Compte rendu final n°170532020*. Institut de l'Élevage, Le Rheu ; INTERBEV, OFIVAL, Paris.

MONIN G. (1993) *pH et qualités sensorielles de la viande de veau*. *Viandes Prod. Carnés*, 14(2), 43-47.

PRIOLO A., MICOL D., AGABRIEL J. (2001) *Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review*. *Anim. Res.*, 50, 185-200.

TOURAILLE C. (1994) *incidence des caractéristiques musculaires sur les qualités organoleptiques des viandes*. *Renc. Rech. Ruminants*, 1, 169-176.

La couleur de la viande bovine

LA RÉDUCTION DES VIANDES À COUPE SOMBRE

UN ENJEU ÉCONOMIQUE IMPORTANT

La réduction des viandes à coupe sombre est un enjeu économique et commercial d'importance majeure pour la filière* gros bovins. La part des carcasses concernée varie de quelques pourcents à 10-15%, selon les entreprises. En 1988, le coût pour la filière représentait au moins 400 millions de francs par an, dont 125 millions pour le seul secteur des jeunes bovins, particulièrement touché (ANONYME, 1988).

C'est un problème de longue date, dont les solutions techniques sont bien identifiées, mais qui demeure d'actualité. Les nombreux travaux réalisés sur le sujet dans les années 80 par les centres techniques, notamment l'Institut de l'Élevage, ne sont apparemment pas connus de tous les opérateurs.

Les préconisations techniques qui découlent de ces études sont encore valables de nos jours. Elles sont d'autant plus importantes à mettre en œuvre que des changements pourraient intervenir à l'avenir, quant à la répartition du manque à gagner lié au problème, entre interlocuteurs de la filière.



Le problème des viandes à coupe sombre est connu depuis longtemps, mais reste d'actualité dans la filière gros bovins.

Des techniques préventives permettent d'en réduire très sensiblement l'apparition, sans toutefois l'éliminer totalement.

Ces techniques visent essentiellement à réduire les dépenses énergétique de l'animal durant la phase de pré-abattage. Dans certains cas, il peut être envisagé de reconstituer partiellement les réserves en énergie de la bête juste avant la mort.

Ce sont les entreprises d'abattage qui sont les mieux placées pour mettre en œuvre ces préconisations. Pour l'instant, elles seules supportent la dépréciation commerciale liée aux viandes à coupe sombre.

Traditionnellement, les opérateurs d'aval supportent l'intégralité des dépréciations commerciales engendrées par les viandes à pH élevé. De fait, le problème n'est souvent identifié que tardivement, lors de la coupe de gros, de la découpe ultérieure en atelier industriel ou chez le distributeur : l'éleveur est déjà rémunéré.

De plus, ce sont les opérateurs d'abattage/transformation qui sont les mieux placés pour agir sur la résolution du problème, l'éleveur n'ayant que peu de marge de manœuvre à cet égard. Mais, la donne pourrait changer. Une réflexion interprofessionnelle s'est récemment intéressée à la possibilité de reporter, sous certaines conditions, une partie de la dépréciation sur les éleveurs.

DES CAUSES MULTIPLES

Plusieurs causes président à l'apparition des viandes à coupe sombre. C'est une accumulation de causes et non une seule cause qui provoque le phénomène.

Deux types de facteurs responsables peuvent être distingués :

- des facteurs prédisposant au phénomène,
- des facteurs véritablement déclencheurs du problème.

LES FACTEURS DÉCLENCHEURS DU PROBLÈME

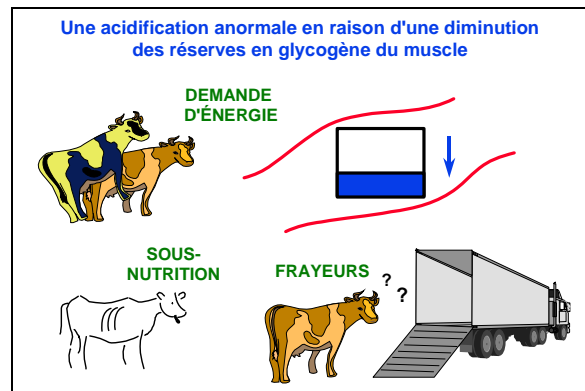
Ces facteurs sont liés aux **conditions de pré-abattage** des animaux. L'accumulation des perturbations subies par l'animal depuis le départ de la ferme jusqu'au piège d'abattage est directement responsable de la diminution des réserves en glycogène musculaire, donc des viandes à pH élevé.

Les réserves en glycogène peuvent être épuisées par :

- une diète prolongée, ce qui est rarement le cas en France,
- les dépenses physiques liées au regroupement des animaux, à leur chargement en camion, au transport, à l'attente en bouverie d'abattage,

- les perturbations émotionnelles (stress, peur, douleur...), qui accompagnent ces étapes de la vie de l'animal, via la sécrétion d'hormones (adrénaline*, cortisone*... - fig.1).

Figure 1 : Origine des viandes à coupe sombre



Toute opération permettant de **réduire les dépenses physiques et les perturbations émotionnelles** durant la période de pré-abattage limite donc le risque d'apparition de viande à coupe sombre*. Les préconisations à respecter mettent principalement en jeu l'organisation de la collecte des animaux, les équipements destinés au chargement, au transport et à l'attente du bétail, ainsi que les manipulations des animaux lors des différents transferts. Ces préconisations font l'objet de publications vulgarisées déjà anciennes, mais toujours d'actualité, qui ne sont pas reprises ici (voir sources, notamment la norme AFNOR NF V 46-001).

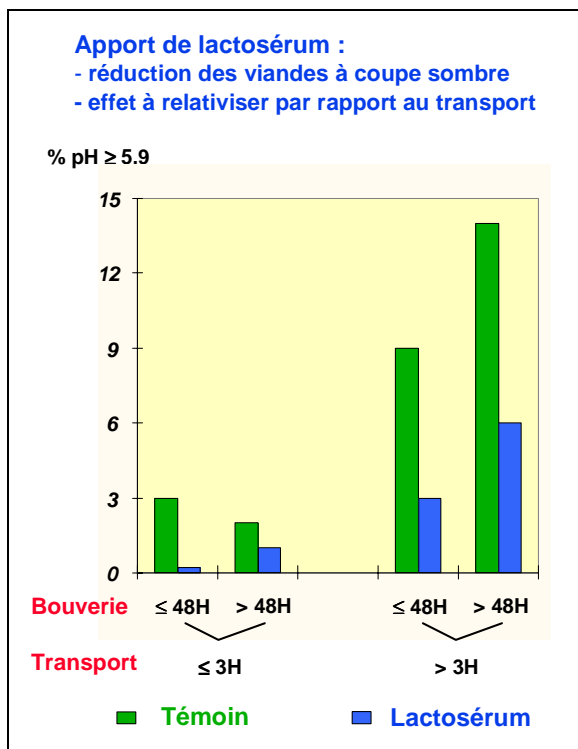
Des travaux plus récents, montrent que la limitation des dépenses en énergie par l'animal n'est pas la seule voie d'action possible. Dans certaines conditions, il est aussi possible de **restaurer les réserves en glycogène** de l'animal avant la mort.

Ainsi, l'apport de sorbitol ou de lactosérum en bouverie permet-il de réduire la fréquence des problèmes, du fait d'une certaine restauration du glycogène musculaire quelques heures après le stress (8 à 15 heures selon

les essais – fig. 2). Ce type d'apport peut s'envisager sur les animaux restant une nuit à l'abattoir, par exemple.

Il est possible de le réserver aux catégories de bêtes les plus sensibles au phénomène pH élevé, afin de diminuer le coût total. Celui-ci comprend le coût de la matière première apportée aux animaux et celui des investissements nécessaires pour la distribution par le circuit d'abreuvement.

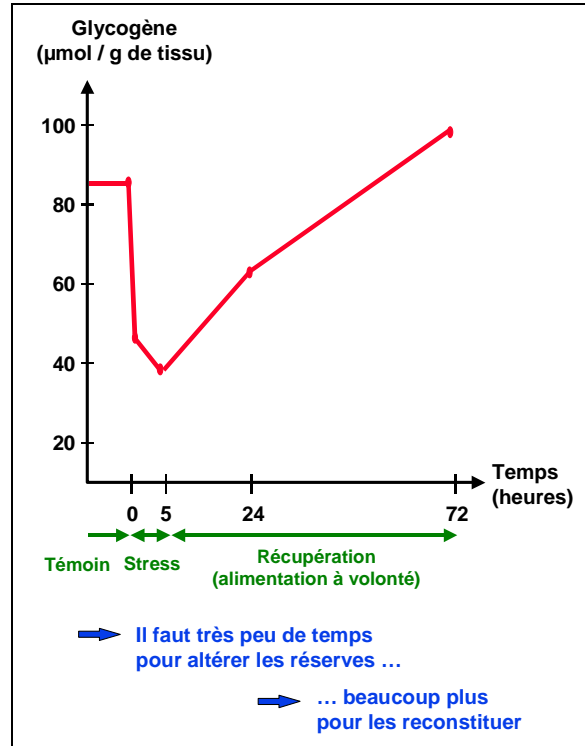
Figure 2 : Apport de lactosérum en bouverie pour réduire les problèmes



Une telle pratique, plutôt de nature curative, ne doit pas se substituer aux mesures préventives précédemment évoquées. Il est effectivement plus efficace de tenter de **préserv**er le **glycogène musculaire**, que de chercher à reconstituer des réserves amoindries. Si un stress très bref peut induire une importante consommation d'énergie musculaire, la reconstitution même partielle de ces réserves prend du temps (fig. 3). Elle implique de longues durées d'attente à l'abattoir et ne peut à l'évidence concerner la

totalité du bétail. Dans les faits, l'apport d'énergie aux bovins avant l'abattage est rarement mis en œuvre.

Figure 3 : Evolution du taux de glycogène musculaire de taurillons après un stress



LA SENSIBILITÉ AUX VIANDES À COUPE SOMBRE

Certaines viandes sont apparemment plus touchées que d'autres par le phénomène pH élevé.

L'espèce animale détermine majoritairement le type de problème rencontré lors de l'acidification des muscles : viandes à pH élevé chez les gros bovins et les ovins, trop rapidement acidifiées chez les porcs...

Au delà de cet effet, d'autres facteurs interviennent.

Ainsi en est-il du **muscle**. Lorsqu'une carcasse est dite « à pH élevé », c'est que le muscle faux-filet est à pH élevé.

Figure 4 : Probabilité des différents muscles d'être à pH élevé pour 100 carcasses à problème

| Muscles : | | | |
|---|---|---|---|
| rarement affectés (< 20 fois/100) | moyennement affectés (20 à 45 fois/100) | souvent affectés (45 à 75 fois/100) | très souvent affectés (> 75 fois/100) |
| Rond de tranche Plat de tranche Aiguillette de rumsteak Filet Merlan de l'arrière Macreuse | Mouvant Gîte noix Aiguillette baronne Rumsteak Dessus de côte | Tende de tranche Poire Dessus de tranche Gîte nerveux Bavette d'aloyau Bavette de flanchet Boîte à moelle Collier Jumeau Basse côte Caparaçon | Faux-filet (référence) Entrecôte Pièce parée Paleron Surprise Merlan de l'avant Jarret avant |

Le choix de ce muscle comme étalon* pour la mesure du pH de l'ensemble de la carcasse permet de diagnostiquer presque tous les animaux risquant de poser problème. En effet, dans une carcasse touchée, seule une partie des muscles est à pH élevé, or, le faux-filet est un muscle sensible au phénomène.

D'autres muscles sont moins fréquemment atteints (fig. 4). Ceci est lié aux différents rôles que doivent assurer les muscles au sein de l'animal, rôles qui déterminent la composition en différents types de fibres* (fiche 5).

Ainsi, les muscles rouges lents présentent-ils un pH plus élevé que les muscles blancs rapides.

Compte tenu de ces différences de « comportement » entre muscles, il est possible de découper toute carcasse à problème, de trier les morceaux pour récupérer ceux qui ne sont pas touchés et les réintégrer dans le circuit classique de valorisation. Seuls les muscles à coupe sombre subissent alors un « traitement » spécifique. L'intérêt économique de cette pratique dépend du montant de la décote dans les différents circuits de valorisation envisagés.

Par ailleurs, la fréquence des viandes à coupe sombre varie également selon **le type d'animal**, notamment son **sexe, son âge** et sa **race**.

D'une manière générale, **les mâles** présentent des pH ultimes plus élevés que les femelles et les mâles castrés. Les taurillons sont ainsi réputés donner plus de viandes à coupe sombre que d'autres bovins (fig. 5), et ce d'autant plus qu'ils sont âgés.

De même, les problèmes se rencontrent plus souvent sur **les animaux de type laitier** comparativement à ceux de race mixte et plus encore de race à viande.

Ces différences sont-elles à mettre sur le compte de sensibilités intrinsèques variables entre catégories d'animaux ?

Figure 5 : Fréquence des viandes à pH élevé chez différents types de bovins

| Type d'animal | Effectif | Fréquence (pH>6 dans plusieurs muscles 48 h post mortem) |
|----------------------|-----------------|--|
| Taurillon | 1150 | 18% |
| Bœuf | 100 | 0% |
| Génisse | 135 | 3% |
| Vache | 105 | 2% |

Sont-elles plutôt liées aux modes de conduite et/ou aux circuits de collecte (passage par des centres de regroupement, marchés...) prédisposant plus ou moins les bêtes au stress de pré-abattage ?

Rien ne permet à ce jour de dissocier les deux origines, ni d'en connaître les poids respectifs, la conduite d'élevage et le circuit de ramassage du bétail étant fonction du type d'animal considéré.

Dans le cas particulier des jeunes bovins, par exemple, il est probable que leurs conditions d'élevage très standardisées soient pour beaucoup dans l'apparition des viandes à coupe sombre : la vie en stabulation dans une même case d'élevage, avec des congénères toujours identiques, ne favorise pas l'adaptation au changement. La période de pré-abattage sera dès lors vécue comme un total bouleversement, avec stress, consommation des réserves en glycogène et risques accrus de viandes à coupe sombre. Mais le tempérament excitable des jeunes mâles intervient sans doute aussi... L'important est de savoir que certains types de bovins sont plus sensibles que d'autres au problème, afin de prendre les précautions qui s'imposent.

Le poids de carcasse constitue un autre facteur de risque. Une étude de l'Institut de l'Élevage du début des années 90, portant sur près de 2000 vaches apporte des éléments chiffrés sur le sujet (fig. 6). La probabilité d'observer des carcasses à pH élevé est 3,3 fois supérieure chez les animaux pesant moins de 305 kg comparativement à ceux d'un poids supérieur, avec des variations selon le type racial. En race Frisonne, les viandes à coupe sombre sont 8 fois plus fréquentes chez les vaches légères que chez les lourdes ; elles le sont près de 2 fois plus en race Normande et 3 fois plus en race à viande ou en croisement (fig. 6).

2 ronds de gîte : l'un « normal », l'autre à coupe sombre (à droite)

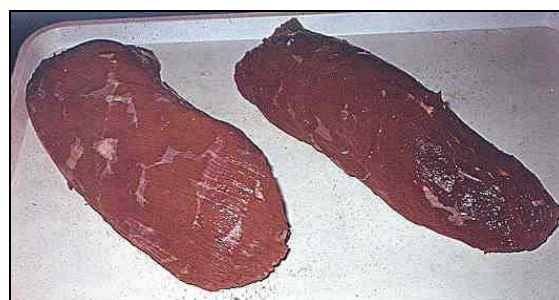


Figure 6 : Probabilité d'observer des carcasses à pH élevé selon différents facteurs et risque relatif associé

| Facteur de variation | Modalité testée | Probabilité d'observer des carcasses à pH élevé | Risque relatif |
|------------------------------------|------------------|---|----------------|
| Abreuvement en bouverie d'abattage | Eau | 6,20% | 1,00 |
| | Eau + sorbitol | 4,47% | 0,72 |
| Poids de carcasse | < 305 kg | 9,50% | 3,31 |
| | > 305 kg | 2,87% | 1,00 |
| Type racial | Inconnu | 12,26% | 3,63 |
| | Frison | 5,44% | 1,61 |
| | Normand | 3,30% | 0,98 |
| | Croisé ou viande | 3,38% | 1,00 |

Par ailleurs, certains **individus sont** plus sensibles que d'autres aux viandes à pH élevé, sans qu'il soit possible de les identifier de leur vivant. Il peut s'agir d'animaux plus vulnérables au stress, de bêtes présentant un déficit permanent en glycogène musculaire...

Il en découle que le phénomène des viandes à coupe sombre **ne peut être totalement éliminé**, malgré l'efficacité des techniques préventives disponibles : il restera toujours un bruit de fond, lié aux animaux particulièrement sensibles au problème.

Enfin, **le système d'élevage** pourrait intervenir, avec un plus grand risque de pH ultime élevé chez les animaux à **la pâture**. Ces derniers présentent généralement des réserves en glycogène suffisantes pour s'acidifier normalement après la mort, même si leur pH ultime est plus élevé et plus variable que celui d'animaux à l'auge. Par contre, le niveau de leurs réserves est plus bas, sans doute à cause de l'activité physique. D'autre part, ils ont une plus grande tendance à perdre ce glycogène, en réponse aux manipulations avant l'abattage, d'où un risque accru de viandes à coupe sombre. Selon certains auteurs, les rations hautement énergétiques des animaux à l'auge protégeraient les animaux d'un stress potentiel.

Les animaux au pâturage seraient plus sensibles aux viandes à coupe sombre



Sources :

AFNOR (1996) Norme française NF V 46-001. Viandes de gros bovins. Conditions de valorisation du potentiel de tendreté.

ANONYME (1985) Prévention des viande à pH élevé. ITEB, INTERBEV, Paris.

ANONYME (1988) Le chemin de la qualité passe par vous. ITEB, INTERBEV, Paris.

COULON J.B., PRIOLO A. (2002). La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des fourrages consommés par les animaux. INRA Prod. Anim., 15(5), 333-342.

FOSTIER B. (1991) Du nouveau dans la prévention du pH élevé. Filières Viande et Pêche, Octobre, 128-129.

FOSTIER. B. (1991) Intérêt d'un apport d'énergie aux bovins avant l'abattage pour la prévention des viandes à pH élevé. Viandes Prod. Carnés, 12(6), 183-188.

MONIN G. (1991) Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. INRA Prod. Anim., 4(2), 151-160.

PRIOLO A., MICOL D., AGABRIEL J. (2001) Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. Anim. Res., 50, 185-200.

QUILICHINI Y. (1988) Valorisation des carcasses à pH élevé. Filière Viande, 114, 84-94.

La couleur de la viande bovine

LA COMPOSANTE QUANTITATIVE ET L'INTENSITÉ DE LA PIGMENTATION

LA MYOGLOBINE, PIGMENT MUSCULAIRE

Le principal pigment responsable de la coloration de la viande est un pigment musculaire : **la myoglobine**. De fait, si l'animal est correctement saigné, le pigment sanguin (hémoglobine*) intervient relativement peu. La teneur en myoglobine musculaire détermine donc l'intensité de la pigmentation du muscle (probablement à plus de 90%).

La myoglobine est une protéine complexe, encore appelée chromoprotéine*, construite sur un modèle proche de l'hémoglobine sanguine. Elle est ainsi formée :

- d'une protéine incolore, la globine,
- d'une partie colorée, l'hème*, comprenant un atome de fer.

Le fer héminique* total du muscle permet d'estimer de façon fiable la quantité de myoglobine présente, compte tenu de la faible part d'hémoglobine résiduelle (de 5 à 12% des pigments héminiques totaux).

La myoglobine présente une affinité avec l'oxygène, encore plus forte que l'hémoglobine.



LE
POINT
SUR...

A Retenir

La teneur en myoglobine, pigment musculaire comprenant un atome de fer, est responsable de l'intensité de la couleur

rouge de la viande.

De nombreux professionnels souhaitent pouvoir maîtriser ce paramètre, pour offrir des produits de couleur homogène aux marchés destinataires (viande de bœuf), ou parce que la couleur est un critère de prix (viande de veau).

Les facteurs qui déterminent l'intensité de la pigmentation sont connus depuis longtemps. Chez les gros bovins, la pigmentation dépend d'abord et avant tout de l'animal (sexe, race, âge...), si bien que l'éleveur n'a que peu de possibilités d'action, d'autant que les objectifs de coloration varient selon le sexe de la bête. Il est également difficile d'intervenir de manière directe sur la couleur par le biais de l'alimentation ; la nature des apports intervient très peu.

Ce n'est pas le cas en veaux de boucherie, pour lesquels la richesse en fer des aliments jouent de façon prépondérante. Mais les conditions de production de cette filière intégrée sont très standardisées et limitent les écarts de couleur de viande en finale.

Cette propriété lui permet de récupérer l'oxygène véhiculé dans le sang jusqu'aux cellules musculaires par l'hémoglobine. La myoglobine joue ensuite le rôle de réserve en oxygène du muscle et/ou transporte l'oxygène jusqu'aux structures intracellulaires où il est utilisé.

DES ENJEUX COMMERCIAUX

La maîtrise de la pigmentation des viandes de gros bovins constitue un enjeu commercial important pour certains opérateurs de la filière. Il s'agit de s'adapter au mieux à la demande des marchés destinataires, en matière d'intensité de coloration de viande.

LES OBJECTIFS EN MATIÈRE DE PIGMENTATION

Le niveau de pigmentation recherché varie selon le type d'animal et/ou le marché visé.

En schématisant les choses, la couleur demandée en viande de gros bovins **sur le marché français est une couleur rouge vif**. Ceci concerne surtout les bovins **femelles**, qui représentent 76% de la consommation française de viande bovine en 2004 (mais seulement 63% de la production nationale).

Deux exceptions à la règle : la région Rhône-Alpes et le Nord de la France. Pour ces régions, et pour les jeunes bovins allaitants destinés à **l'export** vers l'Italie, la Grèce..., la viande doit être **plus claire**.

DES FACTEURS DE VARIATION CONNUS

Les facteurs de variation de la pigmentation sont connus depuis longtemps.

Le marché français est généralement demandeur de viandes rouge vif



La pigmentation de la viande dépend de facteurs biologiques, liés aux caractéristiques de l'animal lui-même, ainsi que des conditions d'élevage. L'aval de la filière n'intervient pas, puisque la quantité de pigment présente dans le muscle est définitivement fixée lors de l'abattage. Pour les viandes de gros bovins, relativement matures, **les facteurs biologiques sont prépondérants**. L'éleveur n'a donc que peu de possibilité d'action sur la pigmentation, à moins de modifier profondément son cheptel et/ou ses pratiques d'abattage (âge des animaux).

L'ESPÈCE ANIMALE

Toutes choses égales par ailleurs (notamment pour un même muscle et à degrés de maturité comparables), la teneur en myoglobine varie très largement selon l'espèce considérée. Certains mammifères marins, tels les phoques, présentent ainsi des viandes presque noires tellement elles sont pigmentées.

Les muscles de ces animaux doivent effectivement pouvoir fonctionner lors de longues périodes d'anaérobiose* (plongées) : ils augmentent, à cette fin, leur capacité de stockage en oxygène, donc leur pigmentation.

D'autres animaux présentent, au contraire, des viandes très claires, à l'instar des lapins par exemple.

La viande de bœuf est l'une des viandes de boucherie les plus pigmentées. Elle l'est proportionnellement moins que celle de cheval, mais plus que celles de porc ou de mouton (fig. 1).

LE MUSCLE ET SON TYPE MÉTABOLIQUE

Chaque muscle présente une pigmentation fonction de son rôle dans l'organisme, de sa composition en fibres et de la répartition spatiale des différentes fibres.

Figure 1 : Variations de la teneur en myoglobine selon l'espèce animale

| MUSCLE | ESPÈCE | MYOGLOBINE (% du tissu frais) |
|--------------------------------|--------|----------------------------------|
| <i>Psoas Major (filet)</i> | Cheval | 0,71 |
| | Boeuf | 0,60 |
| | Porc | 0,43 |
| | Mouton | 0,35 |
| | Lapin | 0,02 |

Trois types de fibres musculaires sont classiquement distinguées ; elles sont adaptées à des activités musculaires de différentes natures. Les principales caractéristiques de ces fibres sont détaillées en figure 2.

Ce classement est principalement basé sur la couleur des fibres, leur vitesse de contraction et la source d'énergie qu'elles utilisent prioritairement (ce que l'on appelle le type métabolique*), en rapport avec leur équipement enzymatique.

Figure 2 : Caractéristiques des principaux types de fibres musculaires

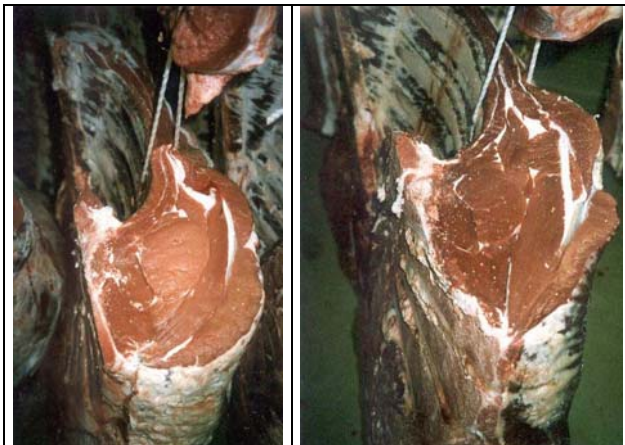
| Classification | βR | αR | αW |
|-------------------------|------------|--------------------|--------------|
| Couleur | Rouge | | Blanche |
| Teneur en myoglobine | Forte | | Faible |
| Vascularisation | Importante | | Faible |
| Teneur en lipides | Forte | | Faible |
| Aire de section | Petite | | Grande |
| Résistance à la fatigue | Forte | | Faible |
| Vitesse de contraction | Lente | Rapide | |
| Teneur en glycogène | Faible | Forte | |
| Métabolis. énergétique | Oxydatif | Oxydo-glycolytique | Glycolytique |

Il y a ainsi des fibres :

- rouges à contraction lente (βR),
- rouges à contraction rapide (αR),
- blanches à contraction rapide (αW).

Les fibres rouges dominent dans les muscles de l'équilibration, qui nécessitent une activité prolongée. Les fibres blanches dominent dans les muscles d'action qui effectuent des mouvements courts et brutaux, tels certains muscles de la queue, par exemple. Entre ces types extrêmes existent tous les intermédiaires possibles (encadré).

Noix d'entrecôtes différemment pigmentées : rouge très clair à gauche, rouge vif à droite



Une carcasse comporte de nombreux muscles, dont les activités et la pigmentation sont donc très variables. Le rond de tranche et le rond de gîte sont ainsi des muscles clairs, alors que la bavette d'aloiau et le tendre de tranche du côté semi-membraneux, sont bien rouges au contraire. A même âge, la variabilité de la teneur en myoglobine entre muscles semble supérieure à celle existant entre animaux pour un muscle donné (voir plus loin). En schématisant les choses, les muscles ayant une activité élevée sont les plus riches en pigments.

Même s'il est commercialement important de pouvoir estimer la couleur de viande moyenne d'une carcasse, il ne faut pas oublier la grande

hétérogénéité de couleur des muscles qui la composent. Ceci n'est pas sans poser problème à l'étal des distributeurs.

Le métabolisme* énergétique des fibres

Le métabolisme énergétique du muscle est essentiellement orienté vers la production d'énergie pour la contraction musculaire. Cette énergie provient surtout de la destruction des sucres (glucose apporté par le sang et glycogène stocké dans le muscle), mais les acides gras* circulants peuvent aussi être utilisés. Selon les fibres musculaires, les réactions ont lieu en présence ou en l'absence d'oxygène.

- Les fibres dite « à **métabolisme glycolytique** » tirent leur énergie de la dégradation rapide des sucres en l'absence d'oxygène. Ce processus permet de faire face à une demande brusque en énergie, mais ne peut satisfaire une demande de longue durée, car la production d'énergie est assez réduite.

- Les fibres à **métabolisme dit « oxydatif »** peuvent dégrader les sucres par voie aérobie*, ce qui produit une grande quantité d'énergie, mais se déroule plus lentement que dans le cas précédent. Ces fibres « brûlent » aussi les acides gras apportés par le sang, en présence d'oxygène.

Il semble que les muscles fœtaux ne contiennent que des fibres rouges. Au cours de la vie post-natale et selon l'activité physique, certaines de ces fibres se transforment de manière réversible en fibres blanches. Il est connu, chez l'Homme, que l'entraînement des coureurs de fond favorise la prédominance des fibres rouges, adaptées à des efforts soutenus du fait de leur excellent ravitaillement en oxygène. Dans le cas des sprinters, c'est le développement des fibres blanches qui est favorisé, car elles sont capables de fournir très rapidement une grande quantité d'énergie, sur une courte période.

LA MATURITÉ PHYSIOLOGIQUE À L'ABATTAGE

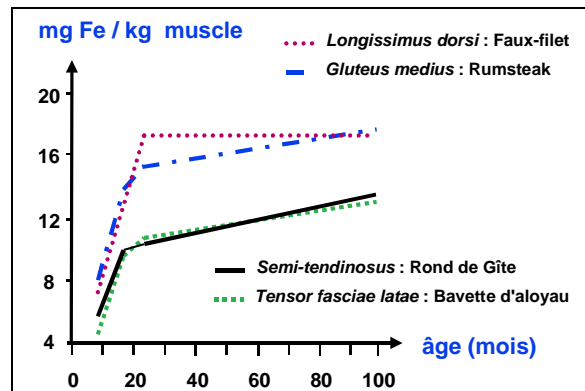
Il est bien établi que la pigmentation de la viande bovine dépend de la maturité physiologique de l'animal à l'abattage. Celle-ci résulte de deux critères : l'âge à l'abattage et la précocité*, elle même dépendante du sexe et du potentiel génétique de l'animal.

Concernant **l'effet de l'âge**, la teneur en fer s'accroît dans tous les muscles avec l'âge, à un rythme propre à chaque muscle : la viande devient de plus en plus rouge saturé et sombre (accroissement de la teinte et de la saturation et diminution de la luminosité). Cet accroissement se produirait en 2 temps (fig. 3) :

- une phase rapide, due à l'augmentation d'activité du muscle,
- une phase plus lente, par la suite.

La période d'accroissement maximal est fonction de la précocité de l'animal. Elle se situerait entre 12 et 15 mois pour des taurillons Frisons, entre 13 et 16 mois pour des taurillons Limousins et entre 17 et 22 mois pour des taurillons Charolais, plus tardifs.

Figure 3 : Effet de l'âge sur la teneur en myoglobine de différents muscles de taurillons Limousins



L'influence de l'âge peut s'observer au travers du **type d'animal produit**. Un jeune bovin présente ainsi en moyenne une viande plus claire qu'un bœuf de même race, car il est abattu plus jeune.

Pour des animaux encore en croissance, l'âge à l'abattage dépend de la **vitesse de croissance** (donc du niveau alimentaire) et de l'**objectif de poids de carcasse**. L'association rythme de croissance élevé et poids de carcasse modéré diminue l'âge à l'abattage et favorise l'obtention d'une viande claire chez les taurillons, génisses et bœufs, qui n'ont pas encore atteint le stade adulte (fig. 4).

Figure 4 : Effet de la vitesse de croissance sur la couleur des viandes de jeunes bovins Limousins

| | Jeunes bovins avec | | |
|------------------------------|--------------------|------------------|------------------|
| | GMQ ≥ la moyenne | GMQ ≈ la moyenne | GMQ < la moyenne |
| Effectif | 768 | 1489 | 721 |
| Age à l'abattage (mois) | 17,7 | 19,0 | 20,5 |
| GMQ Naissance-Abattage (g/j) | 1215 | 1111 | 1000 |
| Poids de carcasse (kg) | 429 | 420 | 409 |
| % carcasses claires | 39,3 | 30,5 | 21,1 |
| Classement couleur : | | | |
| 1 - Rouge très clair | 1% | 2% | 4% |
| 2 - Rouge clair | 38% | 30% | 21% |
| 3 - Rouge vif | 60% | 68% | 75% |
| 4 - Rouge foncé | 1% | 0% | 0% |

Chez les adultes, il n'est pas toujours possible de mettre en évidence d'évolution significative de la couleur de la viande avec l'âge. Dans une récente étude s'intéressant à l'influence de l'âge sur la qualité des carcasses et des viandes des vaches, aucun écart de couleur n'est constaté entre de jeunes vaches et des vaches nettement plus âgées de race Normande (fig. 5). En race Limousine, il ressort une légère différence de couleur entre les jeunes et les vieilles vaches, mais l'âge de ces dernières est vraiment extrême. Les femelles âgées présentent une moindre luminance mesurée par voie instrumentale (chromamètre – fiche 13), ce qui signifie une viande plus foncée que celle des jeunes animaux, mais seulement pour l'un des 2 muscles étudiés. Le pointage visuel va dans le même sens (+0,6 point pour les bêtes âgées), mais ce n'est pas significatif.

Concernant la précocité, plus l'animal est précoce, plus sa pigmentation définitive est rapidement atteinte, donc plus la coloration est intense à un âge donné.

C'est la raison pour laquelle, au sein d'une même race, **les femelles** qui sont plus précoces que les mâles,

fournissent une viande en moyenne plus rouge, au même âge.

Selon divers auteurs, **la castration** (production de bœufs) n'aurait pas d'effet sur la teneur en pigments de différents muscles.

Il existe, de même, des différences de précocité liée au potentiel génétique de l'animal, avec des effets **rares**, **parents intra-race** et **individus**.

Concernant les écarts entre **rares**, les types génétiques laitiers sont en moyenne plus précoces, et ont donc des viandes qui se colorent plus vite que les types allaitants.

Une étude portant sur 9800 jeunes bovins abattus au sein d'une même entreprise montre que le choix des races permet de moduler la répartition des couleurs des viandes des animaux abattus, pour mieux coller au marché. Recentrer les approvisionnements sur les races tardives (type Blonde d'Aquitaine ou encore Charolaise) permettrait ainsi d'augmenter de 10 à 20% la part des carcasses claires et très claires recherchées pour l'exportation par l'entreprise. Toutefois, les différences entre races sont pratiquement gommées quand les animaux sont comparés à même degré de maturité* (% du poids adulte).

Figure 5 : Effet de l'âge des vaches sur la couleur de la viande (couleur notée de 1 = rouge très clair à 4 = rouge foncé, par plusieurs juges et mesurée à l'aide d'un colorimètre* de type chromamètre – fiche 13)

| Race | | Normande | | | Limousine | | |
|------------------|-----------------|-------------|------------|---------------|-------------|-------------|---------------|
| Classe d'âge | | [3,5-5 ans] | [9-11 ans] | Effet « âge » | [3,5-5 ans] | [15-17 ans] | Effet « âge » |
| Effectif | | 24 | 24 | | 12 | 12 | |
| Long dorsal | Note de couleur | 2,4 | 2,6 | NS | 2,6 | 3,2 | NS |
| | L* | 30,6 | 30,8 | NS | 37,5 | 34,8 | S |
| | a* | 25,7 | 25,4 | NS | 22,7 | 22,5 | NS |
| Jumeau à bifteck | Note de couleur | 2,3 | 2,5 | NS | 2,6 | 3,0 | NS |
| | L* | 28,6 | 27,4 | NS | 36,6 | 34,8 | NS |
| | a* | 25,2 | 24,7 | NS | 24,9 | 25,1 | NS |
| | | | | | | | |

Signification des effets : NS = $p > 0,05$; * = $0,10 < p \leq 0,05$; ** = $0,05 < p \leq 0,01$

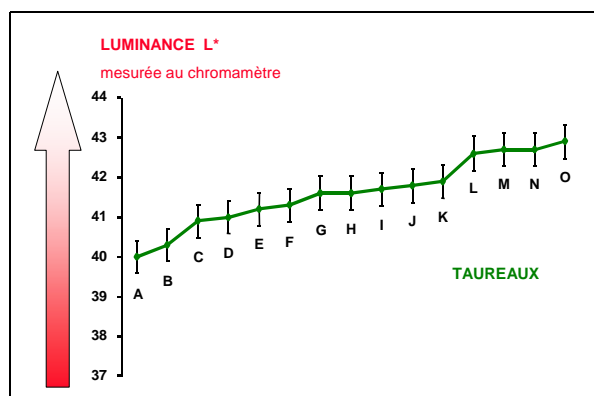
Ceci étant, il semble que les différences de teneur en pigments entre races ne s'expliquent pas seulement par des écarts de précocité et inversement.

C'est ainsi, qu'à même âge, les animaux de race Limousine ne sont pas plus riches en pigments que ceux de race Charolaise, pourtant considérés comme plus tardifs.

Par ailleurs, des différences de précocité liées à l'**origine parentale** sont aussi rapportées. Des travaux récents montrent un **effet père notable** sur la couleur des taurillons de race Limousine : en conditions de production maîtrisées, il explique 30% des variations individuelles de couleur observées sur les descendants (fig. 6) Cette source de variation explique en partie les différences de couleurs couramment constatées entre élevages. Pour autant, la couleur de la viande n'est ni intégrée, ni même contrôlée, dans les schémas de sélection actuels des gros bovins.

Enfin, les différences dues au **potentiel individuel** de l'animal sont loin d'être négligeables, bien que par définition **non maîtrisables**. Ainsi en témoignent les écarts de couleur importants, régulièrement constatés, entre carcasses issues d'animaux de même sexe, même âge et élevés en conditions strictement comparables.

Figure 6 : Classement de 15 taureaux Limousins suivant la luminance de la noix d'entrecôte de leurs descendants



Pour toutes ces raisons, un tri des carcasses à l'abattoir sur la couleur de la viande reste un passage incontournable pour approvisionner les différents marchés en lots d'animaux homogènes. Car, même si les principaux facteurs de variation de la couleur des viandes étaient rigoureusement maîtrisés, des animaux d'une même catégorie continueraient à présenter des écarts individuels notables et difficilement compressibles, surtout pour les bêtes encore en croissance.

DES VARIATIONS INDIVIDUELLES

Au delà des variations individuelles « classiques », des cas d'albinisme musculaires sont signalés dans l'espèce bovine.

Par ailleurs, les animaux culards* sont nettement moins pigmentés que les autres.

L'ALIMENTATION ET L'EXERCICE PHYSIQUE

Chez les gros bovins l'**alimentation joue très peu**. De fait, n'importe quel type de ration, que ce soit à l'auge ou dans les prés, permet à l'animal de synthétiser la quantité de myoglobine dont il a besoin pour fonctionner normalement, en adéquation avec son activité physique.

La question du rôle de l'alimentation sur la pigmentation de la viande des gros bovins intéresse pourtant beaucoup les producteurs de la filière : ils y voient un moyen accessible de maîtrise de la couleur de la viande, pouvant permettre une démarcation du produit. Mais, il y a peu à attendre à cet égard.

La viande d'animaux **au pâturage** tend à être **plus sombre** que celle des animaux nourris au concentré.

Cette dernière serait légèrement plus rouge et plus lumineuse, pour des animaux de même âge. La cause de cet effet est très délicate à identifier. Apparemment plusieurs facteurs interviennent, sachant que les effets directs de la ration sur la couleur des viandes sont **rares**, notamment sur la pigmentation. Ce n'est pas tant la nature de l'aliment, que d'autres aspects, qui sont mis en avant comme élément d'explication par les auteurs. **L'exercice physique** des animaux est l'un d'eux. L'augmentation de l'activité musculaire, induirait des consommations cellulaires en oxygène supérieures, donc un accroissement de la teneur en myoglobine des muscles. De plus, l'activité physique réduirait les réserves en glycogène musculaire et jouerait donc sur **le pH ultime** : différentes équipes observent effectivement un pH ultime plus élevé chez les bovins au pâturage, tout en restant dans les limites de la « normalité » (hors pH élevé – fiche 3). Certains auteurs pensent que **des pigments** contenus dans l'herbe, tels que les carotènes ou les xanthophylles, pourraient aussi intervenir ; mais par quel biais ? Enfin, la teneur en **gras intramusculaire** est évoquée comme cause partielle possible (fiche 2).

ET LE VEAU ?

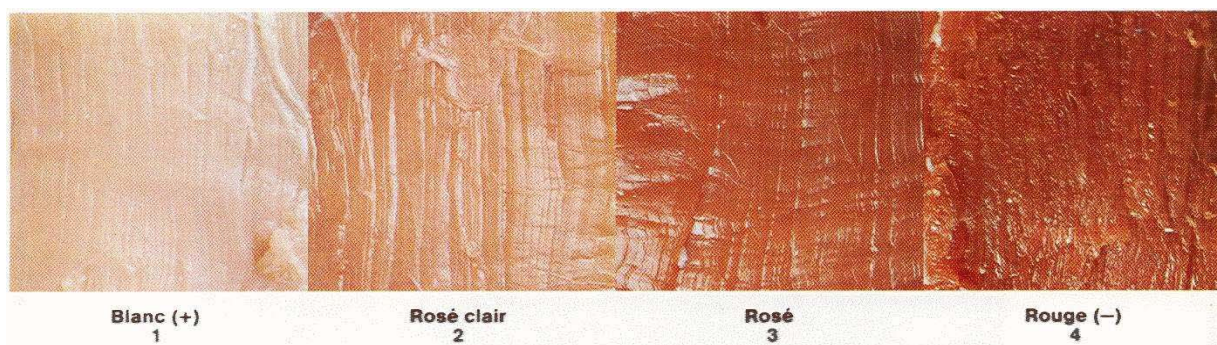
La maîtrise de la pigmentation de la viande est un **facteur économique d'importance majeure** pour la production de veau de boucherie : bien plus qu'en gros bovins. L'éleveur est effectivement rémunéré sur la base d'une grille nationale de classement* comportant notamment la couleur de la viande.

Pour cette production, il a toujours été recherché **une viande claire**, très peu pigmentée. Le consommateur apprécie traditionnellement une viande blanche, synonyme pour lui d'une alimentation lactée exclusive. La dernière décennie a néanmoins vu ces exigences s'assouplir, les viandes un peu plus rosées étant maintenant bien acceptées par certaines franges de la population.

Plusieurs raisons à cet état de fait :

- certains consommateurs semblent associer une coloration un peu plus intense à un élevage plus naturel,
- mais aussi et surtout, l'offre évolue depuis une vingtaine d'années, avec :
 - . un alourdissement général des carcasses françaises, souvent lié à un allongement de la durée d'élevage, donc à une maturité plus importante des animaux, notamment en matière de pigmentation,

Extrait du catalogue de classement officiel des veaux présentant les 4 classes de couleur de viande



. un poids croissant des produits concurrents étrangers : des viandes provenant d'animaux plus lourds que ceux produits en France et surtout d'animaux déjà ruminants (une part non négligeable d'aliments grossiers dans la ration),

. une réglementation européenne encore récente, obligeant à un minimum d'apport en fer dans la ration, pour permettre un développement normal de l'animal et éviter les carences majeures en fer (directive européenne du 20/01/97 et arrêté d'application du 8/12/1997). La ration doit permettre d'assurer un niveau moyen d'hémoglobine sanguine d'au moins 4,5 mmol/l de sang, soit un hématokrite* proche de 22.

Viandes de veaux de pigmentation croissante de gauche à droite



La maîtrise de l'alimentation du veau est essentielle en matière de coloration de la viande, contrairement au cas des bovins plus âgés. De fait, le veau de boucherie grandit et vit pendant une période de pigmentation intense des muscles. En l'absence de limitation sévère des apports en fer, les muscles se pigmentent progressivement de façon naturelle. Une alimentation ferriprive joue donc un rôle majeur.

Chez le veau, la faible teneur en fer de l'alimentation à base de lait provoque naturellement une diminution progressive des réserves hépatiques* en fer et conditionne l'installation d'une anémie* relative, caractérisée par la blancheur de la viande.

L'augmentation des quantités de fer dans l'aliment d'allaitement des veaux induit une pigmentation musculaire et donne une viande plus rouge.

De nombreux travaux ont porté et portent encore sur l'alimentation des veaux de boucherie. Mais, ils ne concernent pas tant l'amélioration de l'intensité de la couleur de la viande, que son absence de dégradation avec l'utilisation d'aliments permettant de réduire les coûts de production. Il s'agit aussi de respecter une réglementation de plus en plus contraignante quant à l'origine des matières premières utilisées dans la ration (suite aux récentes crises sanitaires, du type E.S.B.*). Les formules testées peuvent s'accompagner d'un accroissement de la pigmentation musculaire, donc de l'intensité de la couleur de la viande. C'est notamment le cas pour :

- l'incorporation de certaines protéines végétales (soja) en substitution des protéines du lait,
- le remplacement d'une partie de l'aliment liquide par un aliment solide comme l'ensilage de maïs, à l'instar du principal pays producteur concurrent : les Pays-Bas...

L'objectif de la filière est généralement **l'obtention d'un bon compromis** entre une alimentation économique et une dégradation minimale ou du moins jugée raisonnable de la couleur de la viande, dans le respect des exigences réglementaires.

En veau de boucherie, il peut exister **des différences individuelles** de couleur de viande, liées aux réserves en fer accumulées par le foie au cours de la vie intra-utérine. Ces réserves conditionnent l'intensité de la pigmentation du veau à la naissance et sa capacité à « résister » à une alimentation pauvre en fer durant l'engraissement.

Une fois les réserves hépatiques consommées, l'animal commence à s'anémier et les muscles ne peuvent dès lors plus continuer à se pigmenter normalement. Mais ceci est moins vrai, depuis l'obligation d'apporter un minimum de fer dans la ration du veau.

Sources :

ANONYME (1998) *La nouvelle réglementation et la mise aux normes. Veau-Flash, 8 sept. 1998, Institut de l'Elevage, Le Rheu, France.*

Arrêté du 8 décembre 1997 modifiant l'arrêté du 20 janvier 1994 établissant les normes minimales relatives à la protection des veaux.

BASTIEN D. (2002) *Incidence de l'âge d'abattage des vaches sur la qualité des carcasses et des viandes. Compte rendu final n°2013226. Institut de l'Elevage, Le Rheu ; INTERBEV, OFIVAL, Paris.*

BENEVENT M. (1981) *Quelques aspects de la croissance chez les animaux supérieurs d'élevage. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, p78-80.*

BOCCARD R., VALIN C. (1984) *La matière première : le muscle strié. 1. Structure. Les Viandes. Hygiène et Technologie. Informations Techniques des Services Vétérinaires, p 93-95.*

BROUARD S. (1999) *Couleur des viandes de gros bovins : état des connaissances et perspectives de recherches. Note interne confidentielle. Institut de l'Elevage, Villers-Bocage.*

BROUARD-JABET 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 final n°2013204, Institut de l'Elevage, Bovi-Loire, INTERBEV, OFIVAL, SOVIBA.*

Catalogue de classement E.U.R.O.P. (veaux). OFIVAL, Paris.

COULON J.B., PRIOLO A. (2002). *La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des fourrages consommés par les animaux. INRA Prod. Anim., 15(5), 333-342.*

Directive du Conseil 97/2/CE du 20 janvier 1997 modifiant la directive du Conseil 91/629/CEE du 19 novembre 1991 établissant les normes minimales relatives à la protection des veaux.

Institut de l'Elevage (2005) Chiffres clés 2005. Production bovines lait & viande. Geb, Paris.

MONIN G. (1991) *Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. INRA Prod. Anim., 4(2), 151-160.*

NORMAND J. (2001) *Etude des relations entre la couleur des viandes de jeunes bovins Limousins et leurs conditions de production. Mise en place d'un observatoire. Compte rendu n°2013213. Institut de l'Elevage, Paris ; TVL, Limoges.*

NORMAND J. (2005) *Couleur de la viande de veau et de gros bovins. Note de synthèse bibliographique. Compte rendu final n°170532004, Institut de l'Elevage, INTERBEV, OFIVAL, Paris.*

NORMAND J., BROUARD-JABET S. (2001) *Maîtriser la couleur de la viande de jeunes bovins Limousins, quelles solutions ? Bovins Limousins, 149, 32-36.*

NORMAND J., BROUARD S., VALCKE L. (2001) *Etude des relations entre la couleur des viandes de jeunes bovins Limousins et leurs conditions de production. Mise en place d'un observatoire. Compte rendu n°2013213, Institut de l'Elevage, Paris ; TVL, Limoges.*

PRIOLO A., MICOL D., AGABRIEL J. (2001) *Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. Anim. Res., 50, 185-200.*

RENERRE M. (1981) *La couleur de la viande et sa mesure. Viandes prod. carnés, 2(5), 10-16.*

RENERRE M (1986) *Influence de facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA, 65, 41-45.*

RENERRE M., LABAS R., FOURNIER J.L. (1982) *Qualité de la viande de taurillon. La couleur de la viande. Bull. Tech. INRA de Theix, 48, 42-46.*

RENERRE M., LABAS R., FOURNIER J.L. (1982) *Influence de l'âge et du poids à l'abattage sur la couleur des viandes bovines (race Frisonne et Charolaise). Sci. Alim., 2, 17-30.*

La couleur de la viande bovine

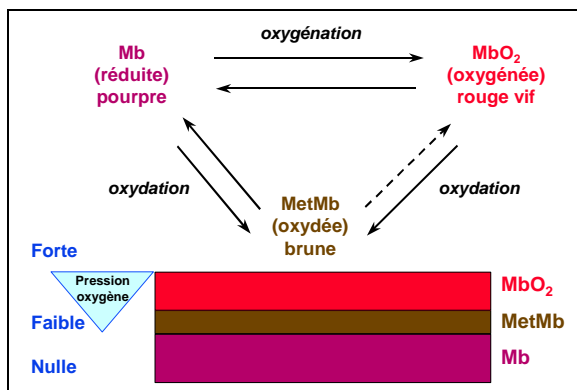
LA COMPOSANTE QUALITATIVE ET LA STABILITE DE LA COULEUR

LES 3 FORMES DE LA MYOGLOBINE

La myoglobine peut prendre différentes formes chimiques.

Sur viande crue, n'ayant pas subi de traitement, 3 formes du pigment coexistent, correspondant à des états d'oxydoréduction (de l'atome de fer) et d'oxygénation (fixation ou non d'oxygène par la molécule) différents. Ces divers états sont fonction de **la fraîcheur du produit** et de **la pression partielle locale en oxygène** (fig. 1).

Figure 1 : Les trois formes chimiques de la myoglobine



Une viande de bœuf fraîche présente en surface une belle couleur rouge vif, recherchée par le consommateur.

LE
POINT
SUR...
A Retenir

L'instabilité de la couleur de la viande limite la commercialisation au stade de la distribution, surtout pour les viandes rouges.

De fait, au cours de la conservation, la couleur s'altère par le jeu d'oxydations du pigment musculaire : la myoglobine. Il est des viandes indéniablement plus fragiles que d'autres : certains muscles, types d'animaux, individus... Ces écarts de potentiel de conservation des viandes sont difficiles à prévoir et à gérer. Les possibilités d'action de l'éleveur sont très limitées. Ce sont les opérateurs de l'aval de la filière qui sont les mieux placés pour préserver la couleur attractive recherchée par le consommateur.

Cette couleur est celle du pigment oxygéné, l'**oxymyoglobine*** (MbO₂). La surface de la viande est effectivement en contact avec l'air, lequel contient à peu près 20% d'oxygène et 80% d'azote. L'épaisseur de la couche d'oxymyoglobine détermine la couleur rouge de la viande fraîche. Pendant les tous premiers jours d'un stockage à l'air, à basse température, le taux de pénétration de l'oxygène dans le

muscle augmente : la viande rougit suite à l'oxygénation du pigment.

A cœur de la viande, la couleur est différente, si l'on tranche le morceau : elle est rouge sombre, pourpre, caractéristique de l'absence d'oxygène. De fait, ce dernier ne diffuse que sur quelques millimètres ou centimètres dans la viande : au delà, il n'y a plus d'oxygène et la myoglobine se trouve à l'**état réduit** et désoxygéné (Mb). Cet état est plutôt moins stable que l'état oxygéné.

Enfin, quelques millimètres sous la surface, là où les pressions partielles en oxygène sont faibles mais pas nulles, se trouve une troisième forme du pigment : la myoglobine oxydée, encore appelée **metmyoglobine*** (MetMb), dont la couleur brune est peu attractive.

L'apparition de la forme brune du pigment en surface de la viande est le signe d'une oxydation ; le gras est aussi touché.



Pratiquement invisible sur viande fraîche, cette mince **couche brune tend à se développer** au fil de la conservation, par oxydation progressive du pigment au contact de l'air. La couche de metmyoglobine s'épaissit en profondeur du produit, mais aussi et surtout vers la surface, où elle vient progressivement remplacer la belle couleur rouge vif. L'apparition de cette teinte brune en surface se fait de manière plus ou moins homogène : perte d'éclat de la viande, brunissement général ou

apparition de tâches de décoloration, d'auréoles en surface de la viande (fiche 7, sur le bordage* de la viande)...

LE PASSAGE D'UNE FORME DU PIGMENT À L'AUTRE

Au delà de la préservation de la qualité bactériologique, une bonne part de l'enjeu de la conservation des viandes consiste à retarder le plus possible le développement de la forme oxydée du pigment en surface du produit. Différents auteurs ont montré qu'au delà d'un certain seuil de metmyoglobine en surface, une fraction notable des consommateurs rejette la viande à l'achat. Il s'agit donc de maintenir le plus longtemps possible la couleur attractive rouge vif du pigment oxygéné en surface.

On oppose classiquement les viandes stables et instables, ces dernières étant caractérisées par un développement rapide de la metmyoglobine en surface.

De fait, **l'oxydation de la myoglobine**, encore appelée « autoxydation », est **peu réversible** (encadré) : il est difficile de rétablir la couleur rouge vif d'une viande, lorsque celle-ci s'est oxydée. Garder une viande de couleur commercialement acceptable passe par **la prévention**, plutôt que par le « traitement » curatif.

Les autres changements d'état du pigment sont, par contre, généralement réversibles. Sur viandes fraîches ou correctement conservées, le pigment passe ainsi de sa forme oxygénée rouge vif, à sa forme réduite rouge pourpre, ou vice versa, selon qu'il y a ou non présence d'oxygène. C'est la raison pour laquelle une viande qui vient d'être conditionnée sous vide, perd progressivement sa belle couleur vive en surface pour prendre la teinte plus sombre liée à l'anaérobiose (fiche 7).

En l'absence de phénomènes oxydatifs perturbateurs dans le conditionnement* (degré de vide insuffisant, fuitage...), la viande reprend sa couleur vive, lorsqu'elle est remise à l'air : la réaction est totalement réversible. Elle prend quelques dizaines de minutes.

En revanche, si le sous-vide a été mal réalisé ou altéré en cours de conservation, de l'oxygène pénètre dans le conditionnement. La viande s'altère alors progressivement par le biais d'oxydations, comme si elle n'était pas conditionnée. Lors du déssouvidage, deux cas de figures :

- soit la couleur de la viande est déjà visiblement dégradée et ce, de manière quasiment irréversible,
- soit ce n'est pas encore le cas, mais le produit est fragilisé et s'altèrera extrêmement rapidement par la suite.

Les 3 couleurs liées aux différentes formes du pigment :

- **en haut, une viande fraîche rouge vif, car bien oxygénée,**
- **en bas, une viande sortant tout juste d'un mauvais sous-vide : le pigment s'est oxydé par endroit, si bien que se côtoient les formes réduite (rouge sombre) et oxydée (altération brune, sur la partie haute du morceau).**



LES SPÉCIFICITÉ DE LA VIANDE ROUGE

La stabilité* de la couleur a une importance commerciale **majeure pour les viandes rouges**. De fait, la couleur constitue le facteur **le plus limitant** de la conservation de ce type de viande : c'est l'une des caractéristiques qui s'altère le plus vite. La viande devient souvent incommercialisable alors qu'elle serait encore tout à fait consommable au plan bactériologique...

Le cas est différent pour les viandes blanches ou les viandes avec os, qui présentent des altérations bactériologiques et des problèmes d'odeurs souvent plus précoces que les dégradations de couleur.

L'activité réductrice de la myoglobine

En réalité, la conservation de la couleur rouge vif de la viande résulte de l'équilibre entre trois réactions :

- les activités respiratoires du muscle (consommation en oxygène),
 - l'autoxydation de la myoglobine oxygénée ou de la myoglobine réduite en metmyoglobine,
 - la réduction enzymatique de la metmyoglobine en myoglobine.
- Comme il n'a pas été mis en évidence de système enzymatique spécifique responsable de cette réaction, celle-ci est désignée sous le terme général «d'activité réductrice de la metmyoglobine».

L'importance relative de ces trois réactions, quant à la teneur en metmyoglobine de la viande, est sujette à controverse. Mais, en conditions aérobies, la réduction enzymatique est souvent considérée comme secondaire au regard des deux autres phénomènes, d'autant que son activité décroît au cours de la conservation.

DES FACTEURS DE VARIATION CONNUS

La stabilité de la couleur rouge de la viande (inversement proportionnelle à la vitesse d'apparition de la metmyoglobine brune en surface du produit) dépend essentiellement de **facteurs biologiques**, liés à l'animal ou au muscle, et de **facteurs d'aval**, relatifs à l'hygiène, ainsi qu'à la durée et aux conditions de conservation du produit. Les facteurs d'élevage interviennent peu.

L'ESPÈCE ANIMALE

Il est bien connu que certaines espèces animales présentent des viandes plus fragiles que d'autres lors de la conservation. Cette caractéristique serait liée à un métabolisme animal plus oxydatif. Ainsi, par exemple, la couleur d'une viande de gros bovin est-elle plus facile à préserver que celle d'une viande ovine.

L'INDIVIDU

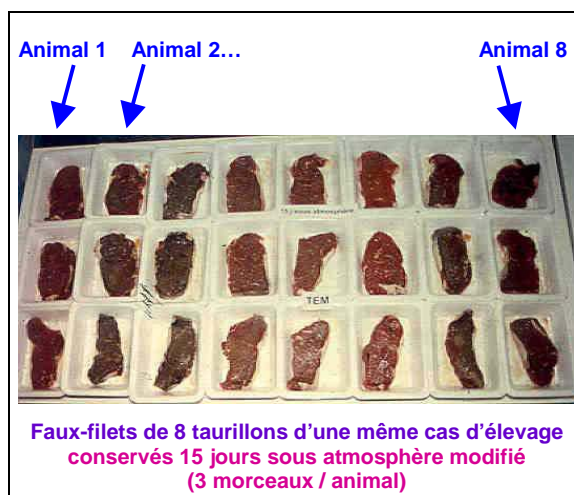
De même, il existe **des différences majeures de stabilité** de couleur de viande entre animaux que tout rapproche *a priori*: même case d'élevage, même alimentation, et mêmes conditions de préabattage, de tuerie, de transformation et de maturation*/conservation (fig. 2).

Ce constat pose problème, car il est impossible de prévoir quels animaux présenteront une bonne stabilité de couleur à l'étalage et quels sont ceux qui verront, au contraire, leur viande se dégrader rapidement. Le distributeur doit supporter cette variabilité animale, contre laquelle il ne peut rien, sauf mettre en œuvre **différents garde-fous**.

Ces derniers permettent d'**améliorer, en moyenne**, la conservation des viandes proposées à la vente, sans pour autant faire disparaître totalement le problème des animaux ou des muscles particulièrement fragiles : les pertes sèches engendrées par la décoloration précoce des viandes peuvent donc difficilement être ramenées à zéro.

Compte tenu de l'importance de la variabilité entre animaux, il est probable qu'il y ait une composante génétique à la stabilité de la couleur de la viande. Cet aspect n'a cependant pas été exploité pour l'instant. Il n'est effectivement pas facile de connaître le potentiel de stabilité de couleur de chaque individu. Contrairement à l'état d'engraissement* ou à la conformation*, qui s'apprécient sur la carcasse, la stabilité de la couleur ne peut s'évaluer que sur une viande conservée depuis plusieurs jours. L'information est donc difficile d'accès. De plus, il faut pouvoir s'en servir utilement. Or, il est bien connu qu'une sélection basée sur un nombre croissant de critères (par exemple, qualités maternelles, vitesse de croissance, conformation ET potentiel de conservation de la viande), devient moins efficace sur chacun des critères pris individuellement...

Figure 2 : Des potentiels de conservation très variables entre individus pourtant proches



LE MUSCLE

Les muscles de la carcasse présentent une stabilité de couleur à la conservation très variable. Cette variabilité est aussi importante que celle due aux animaux.

Globalement, plus la consommation du muscle en oxygène est élevée, plus la couleur semble instable. En effet, l'oxygène pénètre peu dans le muscle, si bien que l'importance relative de la myoglobine en surface s'accroît.

A l'inverse, les muscles stables ont un métabolisme oxydatif peu prononcé, voire anaérobie, et respirent peu.

Par ailleurs, les muscles ayant un pH bas se décolorent souvent plus vite que les autres. Ceci est sans doute lié au fait qu'une baisse de pH entraîne une augmentation de l'autoxydation et une diminution de la réduction enzymatique.

On distingue :

- des muscles stables sur le plan de la couleur, tels le faux-filet, la bavette de flanchet et l'aiguillette baronne (dans la cuisse),
- des muscles intermédiaires, dont une partie du tendon de tranche (le demi-membraneux),
- des muscles instables, souvent parmi les plus chers au plan commercial, tels le rumsteck, le filet et la hampe, dont la couleur s'altère naturellement très vite au cours de la conservation.

L'instabilité de la couleur de certains muscles est d'ailleurs prise en compte dans la norme NF V 46-001 pour la valorisation du potentiel de tendreté des viandes bovines. Celle-ci dispense effectivement de maturer le filet, la hampe et l'onglet, notamment à cause du risque de dégradation de leur aspect marchand.

L'ÂGE DES ANIMAUX

L'âge semble accroître l'instabilité de la couleur de certains muscles, en particulier des muscles peu stables, pour certaines races (fig. 3).

Des muscles tout à fait comparables aux plans métabolique et contractile, et de même niveau de pigmentation, peuvent apparemment évoluer de façon différente lors du vieillissement de l'animal et présenter, en finale, une stabilité à la conservation variable.

Figure 3 : Effet de l'âge sur la stabilité de la couleur de différents muscles

| Muscle | Corrélation* âge-instabilité de couleur | |
|---------------------|---|----|
| Faux-filet | 0,02 | NS |
| Aiguillette baronne | 0,21 | NS |
| Fessier moyen | 0,57 | ** |
| Rond de gîte | 0,40 | * |

Signification des effets : NS = $p > 0,05$;
* = $0,10 < p \leq 0,05$; ** = $0,05 < p \leq 0,01$

LE TYPE D'ANIMAL ?

Il semble que certains types d'animaux présentent une couleur de viande particulièrement instable. Ce serait notamment le cas d'animaux jeunes, peu finis, très bien conformés, par exemple les jeunes bovins de certaines races à viande.

LES APPORTS ALIMENTAIRES EN VITAMINE E

L'alimentation des bovins joue *a priori* peu sur la stabilité de la couleur de la viande. Néanmoins, la teneur de la viande en **anti-oxydants naturels**, du type vitamine E, pourrait intervenir.

Certains bovins pourraient présenter des viandes d'une coloration plus fragile, du fait d'une **carence en vitamine E**. Ce serait potentiellement le cas :

- des animaux de faible degré de maturité, car la vitamine E est un antioxydant liposoluble, qui se fixe sur les graisses de l'individu, d'où l'importance d'une finition correcte du bétail,

- des bêtes alimentées à l'auge, comparativement à celles au pâturage. Les aliments conservés, du type ensilage de maïs, sont effectivement moins riches en vitamine E que l'herbe.

Une supplémentation alimentaire de tels animaux **en vitamine E**, durant tout ou partie de la finition, augmente de façon notable la quantité de vitamine E fixée par les muscles, ce qui présente un intérêt nutritionnel pour l'Homme. Ceci s'accompagne d'une amélioration de la durée de vie de la viande à l'étalage du distributeur, dans certains circuits de conservation (encadré et fig. 4).

L'éventuelle mise en œuvre d'une supplémentation systématique des animaux en finition doit cependant être bien réfléchi : les effets attendus sont modestes et très variables selon les catégories d'animaux et les conditions de conservation de la viande.

De plus, la répartition des charges et bénéfiques liés à la supplémentation, entre opérateurs de la filière, n'est pas sans poser problème : le surcoût alimentaire est supporté par l'éleveur, alors que le bénéfice potentiel concerne le distributeur.

LE POIDS DES FACTEURS D'AVAL

La maîtrise de la stabilité de la couleur de la viande est essentiellement entre les mains des opérateurs d'aval :

- les facteurs biologiques, largement impliqués, sont plus subis que réellement maîtrisés,
- le rôle de l'éleveur est limité.

En raison de leur importance primordiale, les facteurs d'aval sont traités à part, dans la fiche suivante.

Sources :

AFNOR (1996) Norme française NF V 46-001. Viandes de gros bovins. Conditions de valorisation du potentiel de tendreté.

LEGRAND I. (1996) Effet d'une supplémentation en vitamine E au cours de l'engraissement sur les caractéristiques de conservation de la viande bovine. Rapport final. Institut de l'Elevage, Villers-Bocage ; ACTA, Paris.

LEGRAND I., RENERRE M. (1998) Améliorer la conservation des viandes. Supplémenter les animaux en vitamine E. Viandes Prod. Carnés, 19(2), 99-104.

RENERRE M. (1982) Influence de l'âge et du poids à l'abattage sur la couleur des viandes bovines (races Frisonne et Charolaise). Sci. Aliments, 2, 17-30.

RENERRE M. (1982) La couleur de la viande et sa mesure. Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 47, 47-54.

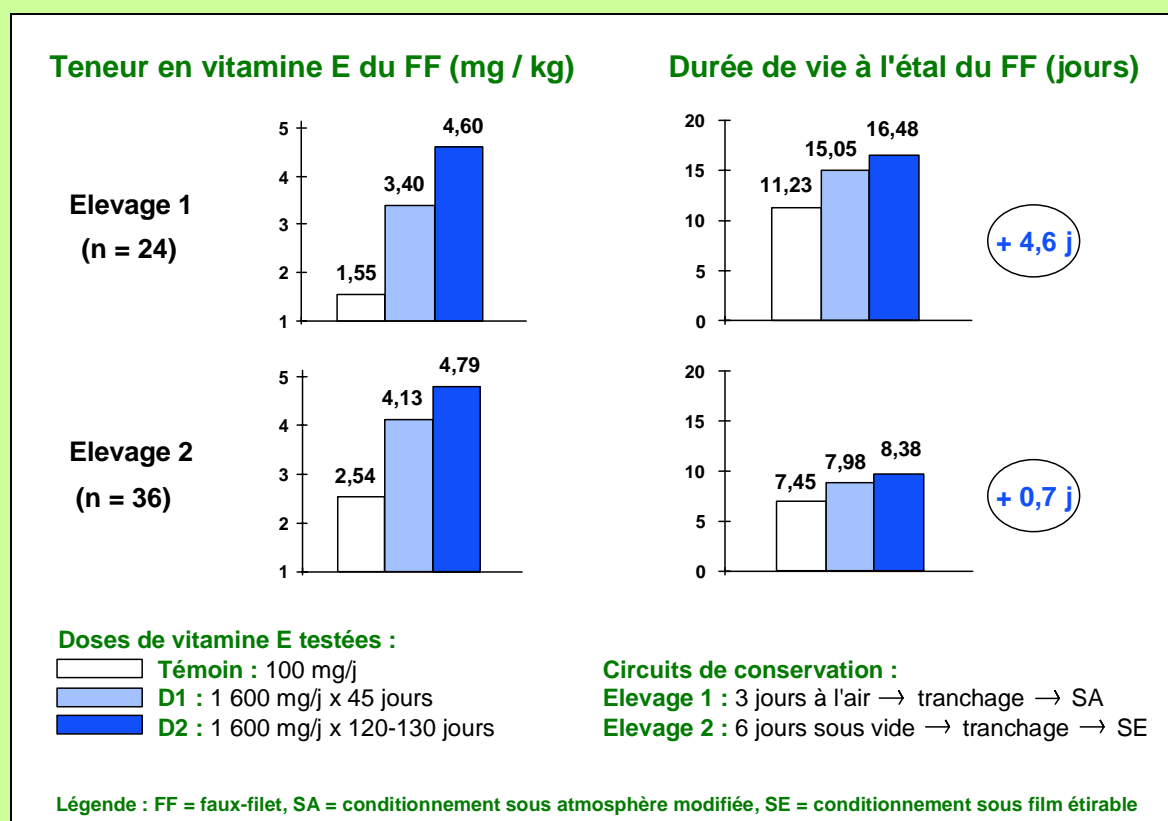
RENERRE M. (1984) Variabilité entre muscles et entre animaux de la stabilité de la couleur des viandes bovines. Sci. Aliments, 4, 567-584.

RENERRE M. (1999) Biochemical basis of fresh meat colour. Proc. 45th ICoMST, II, 344-353.

Vitamine E et conservation de la viande

Un essai réalisé en 1995/96 a permis de comparer, dans plusieurs élevages, 3 doses d'apport en vitamine E à des animaux potentiellement carencés en vitamine E : des jeunes bovins Montbéliards à l'auge.

Figure 4 : Influence de la supplémentation en vitamine E sur la stabilité de la couleur lors de la conservation



Selon cet essai, l'incorporation de vitamine E à la ration augmente la teneur en vitamine E des muscles et accroît leur durée de vie à l'étalage, par une meilleure préservation de leur couleur :

- gain de plus de 4 jours, pour une viande conservée 3 jours à l'air en demi-gros, puis tranchée et conditionnée en barquette sous atmosphère protectrice (circuit autorisant un léger allongement de la durée de conservation, testé pour le 1^{er} élevage),
- gain d'environ une demie journée, pour une viande conservée 6 jours sous vide en demi-gros, puis tranchée et conditionnée en barquette sous film étirable (2^{ème} élevage).

L'intérêt de la supplémentation est donc variable selon le circuit de commercialisation des viandes. Il est décevant pour le circuit de loin le plus courant, testé dans le 2^{ème} élevage. Dans tous les cas, la supplémentation durant 45 jours paraît suffisante pour bénéficier des principaux avantages observés (meilleur retour sur investissement) ; un allongement de la durée du « traitement » ne s'impose pas.

La couleur de la viande bovine

LA PRÉSERVATION DE LA COULEUR DES VIANDES RÉFRIGÉRÉES

L'altération de la couleur de la viande en cours de conservation est très préoccupante, car elle détermine en grande partie la décision d'achat du consommateur : la couleur du morceau est indissociable de la notion de fraîcheur. La maîtrise de l'évolution de la couleur est surtout aux mains des **opérateurs d'aval**, qui gèrent dans une large mesure **les conditions de conservation** du produit.

LA STIMULATION ÉLECTRIQUE

Ce traitement électrique destiné à préserver la tendreté d'une viande soumise à une réfrigération brutale, **aurait un effet bénéfique sur la stabilité** de couleur de la viande, qu'il s'agisse de muscles stables comme l'aiguillette baronne ou instables comme le gros anconé. En France, la stimulation est généralement de basse tension (70 à 150 V). Elle est réalisée dans les 5 minutes après la mort, durant 30 à 60 secondes. Mais elle est **peu répandue**.

La stimulation électrique se justifie sans doute plus en viande de veau, laquelle se conserve plus difficilement que le bœuf et nécessite une

réfrigération particulièrement efficace, souvent puissante.



Préserver la couleur de la viande passe par une gestion correcte de la chaîne du froid et par la mise en œuvre de

différents procédés de conservation et de protection du produit, aux mains des professionnels d'aval.

Deux solutions sont possibles pour conserver la viande :

- sous de fortes pressions en oxygène, à l'air ou sous atmosphère enrichie en oxygène, pour une conservation de courte durée présentant l'avantage d'une couleur de viande attrayante,
 - en l'absence d'oxygène (facteur d'altération majeur), le plus souvent sous vide, pour un stockage plus long.
- Dans tous les cas, il convient de limiter le temps de passage de la viande « à nu », lors du travail du produit. Cette phase critique intervient après la maturation, si celle-ci s'effectue en quartier, avant la maturation si elle se fait sous vide. En finale, les conditions de conservation en réfrigérateur ménager ont aussi leur importance.

LA DURÉE DE CONSERVATION

Il y a un certain **antagonisme** à vouloir augmenter la durée de conservation d'une viande tout en préservant sa couleur.

Il convient de distinguer **deux périodes de conservation** qui se succèdent dans le temps :

- la conservation de gros* ou demi-gros*, pratiquée par les professionnels pour faire murer* la viande et/ou l'expédier vers différents marchés,
- la conservation de détail* des morceaux directement destinés aux consommateurs, gérée par les distributeurs, puis les consommateurs.

Dans certaines conditions, il est possible d'augmenter très largement la durée de conservation globale de la viande sans trop altérer sa couleur, en allongeant la durée de stockage de gros ou demi-gros.

Mais, **le phénomène a des limites** : il n'est pas sans conséquence sur la durée de vie résiduelle* du produit chez le distributeur et son client. Tout allongement notable de la durée de conservation de gros ou demi-gros se traduit logiquement par une diminution de la durée de vie qui suit au détail, une fois la viande retravaillée à destination du consommateur. C'est d'ailleurs souvent la réduction de la durée de vie de la viande à l'étal, qui limite l'allongement de la conservation de gros ou demi-gros.

A titre indicatif, une viande de bœuf dont la durée de vie résiduelle à l'étalage serait de 6 jours en barquette filmée, à l'issue d'une conservation de demi-gros* sous vide de 1 à 3 semaines, ne peut plus compter que sur :

- 4 jours de durée de vie résiduelle, si la conservation préalable sous vide est de 4 à 5 semaines,
- 1 ou 2 jours à l'étalage, pour 8 à 10 semaines sous vide.

L'allongement de la conservation de demi-gros **fragilise** clairement la couleur du produit.

Une durée de vie résiduelle de l'ordre de 4 jours est généralement souhaitée par les distributeurs, sachant qu'elle s'écoule pour partie dans leurs magasins et pour partie en réfrigérateurs ménagers. Dans ces derniers les conditions de conservation sont souvent loin d'être optimales (voir plus loin).

LA TEMPÉRATURE DE CONSERVATION

La température est l'une des conditions de conservation **les plus importantes** à prendre en compte. Elle joue tant sur l'évolution de la qualité bactériologique de la viande (phénomène bien connu), que sur les réactions chimiques telles que les oxydations, qui touchent le pigment musculaire et les graisses. De fait, comme pour beaucoup de réactions biologiques, **les phénomènes oxydatifs sont très sensibles à la température**. Une température élevée accroît la vitesse avec laquelle la viande se dégrade, notamment au plan de la couleur. Ainsi, la vitesse d'autoxydation de la myoglobine est 2 fois plus élevée à 4°C qu'à 0°C.

Les spécialistes de la conservation des viandes, que sont les Néo-Zélandais, travaillent généralement à températures légèrement négatives (-1, -1,5°C), en limite du point de congélation. Sans aller aussi loin dans le contexte français, il semble souhaitable de garder une température le plus proche possible de 0°C (0/+2°C), tout au long de la conservation de la viande. Quelques petits degrés de différences peuvent induire d'importants écarts de durée de vie des produits : une variation de 1°C peut ainsi faire perdre 10% de durée de vie à la viande.

Mais la maîtrise des conditions de stockage de la viande n'est pas toujours optimale, notamment en fin de vie du produit

Une récente enquête de l'ADIV montre que les **vitrines réfrigérées** des artisans bouchers présentent des températures et hygrométries très diverses. Les vitrines ventilées semblent permettre une meilleure homogénéité de température, mais elles entraînent une dessiccation plus importante de la viande. Certains matériels présentent aussi d'importantes fluctuations de température, suite aux cycles de dégivrage. De telles oscillations sont fort préjudiciables à la tenue de la couleur de la viande, sans parler des pertes de masse. Il convient donc de limiter le temps de séjour des produits dans ces vitrines réfrigérées.

Toutefois, c'est le consommateur, qui est reconnu comme le maillon le plus faible de la chaîne du froid, avec des réfrigérateurs en moyenne à +7/8°C.

LA PRESSION PARTIELLE EN OXYGÈNE

La durée potentielle de conservation d'une viande, notamment au plan de la couleur, est aussi fonction de la pression partielle en oxygène en surface du produit. Il est possible de modifier celle-ci par la mise en œuvre de conditionnements, enveloppes destinées à protéger la viande.

Beaucoup d'oxygène ou pas du tout

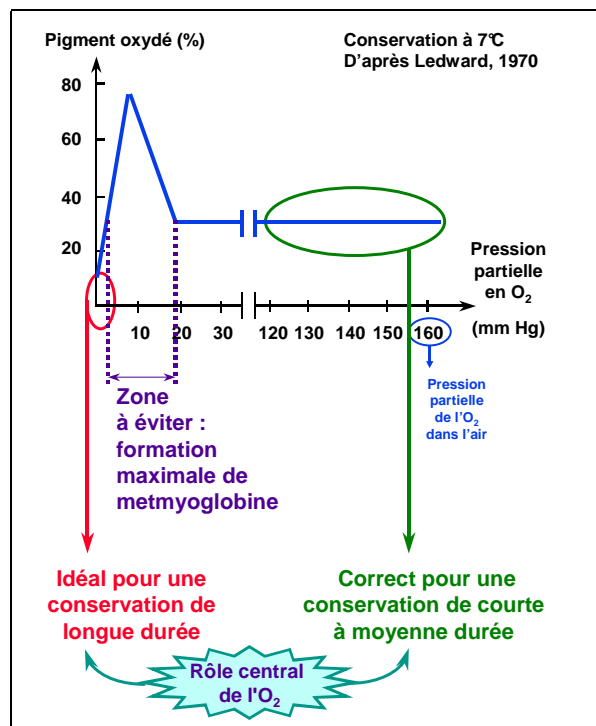
Deux solutions sont envisageables pour conserver la viande :

- sous de fortes pressions partielles en oxygène, par exemple à l'air ($P_{pO_2} = 160$ mm de mercure) ou sous atmosphères modifiées enrichies en oxygène,
- en l'absence quasi-totale d'oxygène, soit sous vide, soit sous atmosphères modifiées sans oxygène.

L'important est d'éviter les situations de faibles pressions partielles en oxygène, qui encouragent l'oxydation de la myoglobine (fiche 6 et fig. 1).

Les pressions partielles de l'ordre de 1 à 20 mm de mercure seraient particulièrement défavorables, avec un maximum d'oxydation vers 6-8 mm de mercure, pour une conservation à 7°C.

Figure 1 : Influence de la pression partielle en oxygène sur l'oxydation du pigment de la viande



La conservation en présence d'oxygène

Elle ne permet pas de préserver la viande sur de très longues durées, l'oxygène étant un indéniable facteur d'altération. Elle confère, par contre, à la viande la couleur rouge vif recherchée par le consommateur. La conservation peut s'effectuer à l'air ou sous forme conditionnée (fig. 2).

La barquette sous film étirable

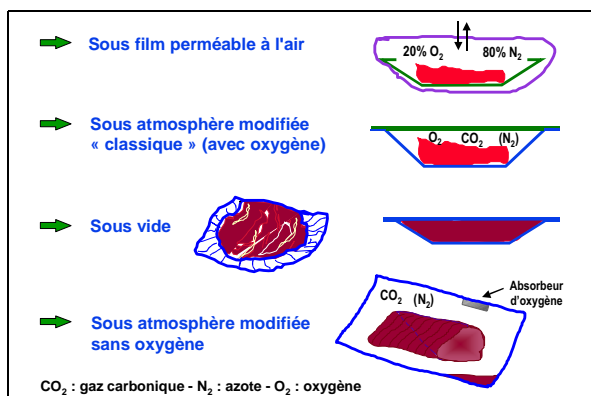
La classique barquette en polystyrène sous film étirable perméable à l'air est le conditionnement le plus développé.

Elle n'offre pas d'avantage technique particulier, autre qu'une protection mécanique lors des manipulations ; la viande reste au contact de l'air durant toute la conservation, donc au contact de l'oxygène. La durée de vie du produit est de l'ordre de quelques jours, rarement une semaine.

Le conditionnement sous atmosphère avec oxygène

L'atmosphère modifiée (ou « protectrice ») enrichie en oxygène a été développée dans le milieu des années 70, **spécialement pour les viandes rouges**. La présence de fortes proportions d'oxygène (généralement entre 60 et 80%) exacerbe la couleur vive de la viande et la stabilise un certain temps, car elle crée des conditions défavorables à la formation de la metmyoglobine. Il en résulte une belle présentation du produit durant quelques jours (fig. 3). Le gaz carbonique présent à hauteur de 20 à 30% du mélange gazeux, permet de retarder les altérations bactériologiques. Certaines atmosphères contiennent aussi de l'azote (mélanges ternaires). L'emploi de films imperméables aux gaz évite les échanges avec l'extérieur. Ceci étant, l'oxygène demeure un facteur d'altération et la durée de vie n'est allongée que de quelques jours comparativement à une conservation à l'air. Les D.L.C.* dépassent rarement une douzaine de jours.

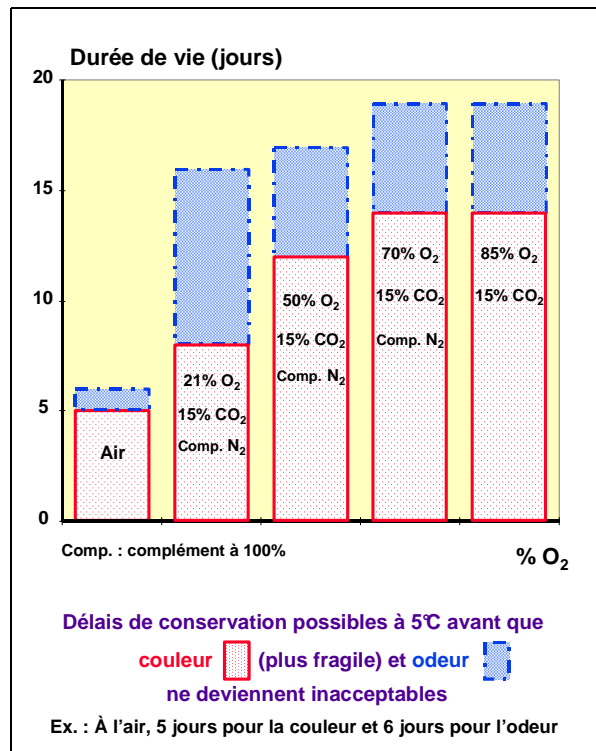
Figure 2 : Les principaux types de conditionnement



La conservation en l'absence d'oxygène

C'est la **seule technique efficace** pour préserver la viande fraîche sur de longues durées (fig. 1).

Figure 3 : De fortes proportions d'oxygène favorisent le maintien de la couleur vive sur de courtes périodes



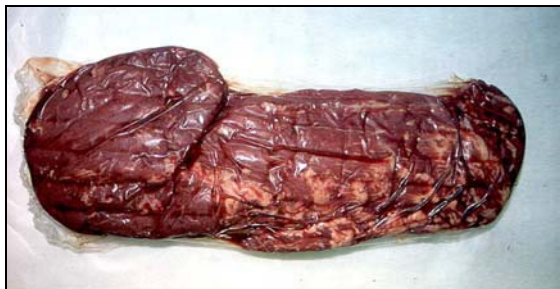
L'absence d'oxygène limite les oxydations, ce qui préserve tant la couleur que la flaveur de la viande (les graisses qui s'oxydent conduisent au rancissement du produit). De plus, les bactéries aérobies strictes* ne peuvent plus se développer, ce qui réduit le niveau global de contamination dans un premier temps. Une flore lactique bénéfique va ensuite croître et limiter, par son développement, celui des germes d'altération susceptibles de supporter l'absence d'oxygène : c'est le principe du yaourt... Ce type de conservation présente toutefois l'inconvénient d'une **couleur sombre et peu attrayante** du fait de l'absence d'oxygène ; l'aspect du produit est particulier.

Cependant, si la conservation se déroule au froid et réellement en l'absence d'oxygène, la réoxygénation ultérieure du produit ne pose généralement pas de problème : une fois remise à l'air, la viande retrouve sa couleur attractive. Dans le cas contraire, il faut s'attendre à une faible durée de vie ultérieure du produit. La persistance de traces d'oxygène dans le conditionnement conduit généralement à une altération irréversible de la couleur, surtout si le froid est défaillant ; la myoglobine réduite s'oxyde et c'est peu réversible (fiche 6).

Le conditionnement sous vide

Deux types de conditionnements sans oxygène peuvent être mis en œuvre sur les viandes. Le plus ancien, datant des années 70, est le conditionnement sous vide. Comme son nom l'indique, il s'agit de mettre la viande dans une enveloppe imperméable aux gaz, puis de faire le vide, ce qui plaque l'enveloppe intimement sur le produit.

Un conditionnement sous vide de demi-gros : la viande est sombre



La qualité du vide réalisé dépend du type de machine utilisé et de son réglage ; de bonnes qualités de vide doivent être retenues pour de longues durées de conservation réfrigérées.

Les durées de vie sous vide peuvent être **importantes**, notamment pour les morceaux désossés. En viande de bœuf, les industriels français utilisent généralement ce conditionnement sur des durées allant de 15 à 40 jours.

Mais les Néo-Zélandais, atteignent 12 semaines sous certaines conditions : conditionnement rapide après abattage, forte imperméabilité de l'enveloppe à l'oxygène, stockage à -1°C , avec des fluctuations ne dépassant pas $0,5^{\circ}\text{C}$. Ces chiffres, un peu extrêmes, donnent une idée du véritable potentiel du sous-vide.

Le conditionnement sous atmosphère modifiée sans d'oxygène

Autre conditionnement exempt d'oxygène, ce type d'atmosphère est fréquemment utilisé sur les charcuteries crues et cuites, ou encore les produits de charcuterie pâtissière. Son emploi sur les viandes est **relativement récent** ; il remonte au milieu des années 80. L'atmosphère est généralement composée de gaz carbonique pur (spécifique aux viandes) ou d'un mélange binaire gaz carbonique / azote (pour tous types de produits, dont les viandes).

Les avantages de ce conditionnement sont globalement les mêmes que pour le sous-vide, avec un petit plus lié à la présence du gaz carbonique et à son effet bactériostatique*. Les durées de vie sont aussi importantes que sous vide, voire plus, si la réalisation du conditionnement et la chaîne du froid sont parfaitement maîtrisés.

Le principal avantage de ce conditionnement sur le sous-vide réside dans son **adaptation aux morceaux avec os**. L'enveloppe n'adhère pas à la viande, il y a donc peu de risque de percement dû à l'os. De plus, l'ambiance gazeuse est homogène autour du morceau, même si celui-ci présente une forme particulière. Il ne peut subsister, comme pour un sous-vide, d'endroits où se concentrent des résidus d'oxygène, là où le conditionnement a du mal à se plaquer parfaitement sur le morceau du fait de la présence d'os ; or, qui dit oxygène, dit altération rapide et durable du produit...

Conditionnement sous atmosphère exempte d'oxygène : en bas à gauche, un absorbeur d'oxygène



Les atmosphères sans oxygène ont néanmoins quelques inconvénients pratiques. Le conditionnement est encombrant, ce qui ne facilite pas le stockage ; de plus, il exige d'être parfaitement maîtrisé, sous peine de performances réduites. Comme pour le sous-vide, les résidus d'oxygène au sein du conditionnement doivent être les plus limités possibles, surtout si le froid n'est pas parfait. Mais, l'obtention de très faibles quantités d'oxygène résiduel est délicate. C'est la raison pour laquelle sont parfois utilisés des absorbeurs d'oxygène* dans le conditionnement. Ceux-ci se présentent sous forme de petits sachets que l'on colle sur l'intérieur du conditionnement. Ces sachets contiennent de la poudre qui réagit avec les résidus d'oxygène et les consomme, évitant par-là même l'altération de la couleur de la viande.

LA CONSERVATION AU STADE DU GROS ET DU DEMI-GROS

L'objectif de la conservation à ce stade, est de permettre aux morceaux à cuisson rapide, surtout situés sur l'arrière, de mûrir, donc de s'attendrir.

Ces morceaux sont les plus exposés aux altérations de couleur, car ils ne sont commercialisés qu'**après un certain délai**. Or, les conditions de conservation lors de ce délai doivent être parfaitement maîtrisées, sous peine de décolorations précoces.

L'une des étapes cruciales de cette période, pour la maîtrise de la couleur, est **le travail de la viande**. Celui-ci retire effectivement au muscle ses protections naturelles (gras, conjonctif), pour le laisser « nu ». Il importe de **réduire le plus possible ce passage critique**, durant lequel la viande est fragilisée, car sans protection face aux phénomènes oxydatifs. Deux cas de figures se rencontrent, selon le mode de maturation retenu :

- sur os, en quartiers à l'air,
- ou sous forme conditionnée, en l'absence d'oxygène.

Le retrait des protections naturelles de la viande fragilise la couleur



La maturation à l'air

Elle n'excède généralement pas une à trois semaines, selon le type d'animal et le muscle considérés. Les carcasses trop maigres et/ou un émoussage* trop important ne favorisent pas la conservation.

Il faut faire particulièrement attention si un muscle est entamé par « accident » lors de cette dernière pratique. Le travail de la viande qui suit la conservation de gros ou de demi-gros, avec retrait des protections naturelles et passage des muscles « à nu », doit se faire **le plus tard possible** par rapport à la vente, ou être suivi d'une protection artificielle de la viande contre des oxydations : par exemple, une mise sous vide, si la viande ne peut être commercialisée rapidement. Une protection par un film étirable limite le dessèchement de surface, mais n'est pas suffisant contre les oxydations.

La maturation sous forme conditionnée

Elle se fait en l'absence d'oxygène, car il faut ralentir autant que possible la dégradation naturelle du produit (fig. 4). La couleur de la viande ainsi conditionnée est sombre, mais à ce stade, l'apparence instantanée du produit importe peu. Les professionnels du milieu savent que la viande reprendra sa couleur vive, une fois remise en présence d'oxygène, pour la distribution de détail.

La carcasse est découpée, désossée et les muscles préparés et **conditionnés assez rapidement après la mort**. Le conditionnement joue le rôle de **protection artificielle**, en remplaçant les protections naturelles enlevées lors du parage. Une fois la maturation terminée, le morceau est déconditionné et généralement retravaillé pour donner des morceaux de détail, lesquels sont reconditionnés ou non (sous film étirable, voire sous atmosphère avec oxygène) avant la commercialisation finale.

En France, le **principal conditionnement de gros ou demi-gros est le sous-vide**. La moitié de la viande bovine est probablement

conditionnée sous vide à un moment ou un autre de son « parcours ».

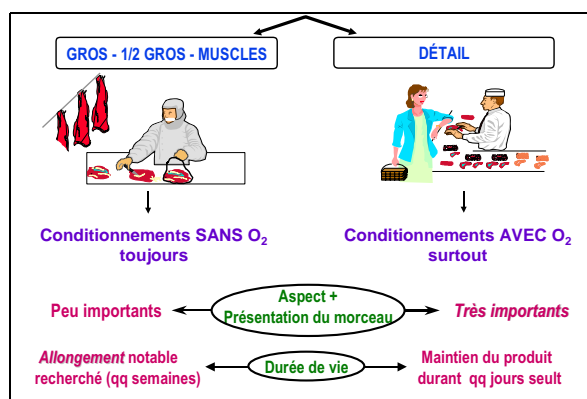
Le conditionnement sous atmosphère modifiée exempte d'oxygène est relativement peu développé. Il est surtout intéressant pour la conservation de longue durée des viandes avec os (exportation...), pour lesquelles le sous-vide n'est pas assez adapté et/ou performant ; ce n'est généralement pas le cas des viandes de gros bovins.

LA CONSERVATION AU STADE DU DÉTAIL

Chez le distributeur

Au stade du détail, l'essentiel de la commercialisation des viandes bovines s'effectue en présence d'oxygène. La couleur rouge vif recherchée par le consommateur nécessite effectivement la présence de ce gaz (fig. 4).

Figure 4 : Des conditionnements différents selon le stade d'application



La conservation de détail recouvre différentes situations. Il peut s'agir :

- de **viandes achetées à la coupe**, donc à l'air, ensuite emballées en papier boucher,
- de **viandes conditionnées** sous formes d'U.V.C.* (Unités de Vente Consommateur), proposées en rayon libre service.

Les données chiffrées sur les poids relatifs de ces différents mode de présentation sont rares. Mais, les grandes tendances sont les suivantes :

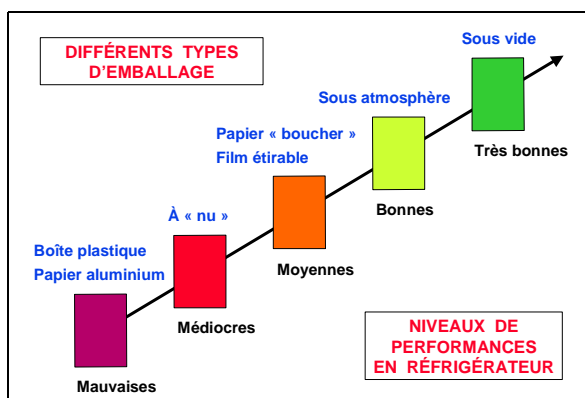
- il y a sans doute un certain équilibre quantitatif entre les viandes proposées au consommateur en l'état (à la coupe) et celles sous forme conditionnée,
- le conditionnement de détail le plus développé est, de loin, la classique barquette de viande en polystyrène sous film étirable perméable à l'air,
- les conditionnements plus sophistiqués, sous vide ou sous atmosphère enrichie en oxygène, sont nettement moins représentés, mais ils se développent. Seuls les industriels disposent des équipements permettant leur réalisation, contrairement aux barquettes sous film, facilement réalisables à faible coût par le distributeur lui-même,
- les atmosphères enrichies en oxygène sont notamment en plein expansion, concurrençant directement les traditionnelles barquettes sous film,
- le conditionnement sous vide se développe moins, malgré ses excellentes performances techniques. Il est à l'évidence **peu adapté** à la conservation de détail, du fait de la couleur sombre de la viande, qui impose un emballage opaque. Bien que rémunérateur et en croissance, ce créneau ciblé sur le haut de gamme vise une clientèle limitée : la grande masse des consommateurs achète d'abord le produit à l'œil, notamment sur la base de sa couleur. De plus, la réalisation d'un très bon vide est délicate pour certains produits, tels les morceaux avec os ou les viandes fractionnées (bourguignon, fondue...). Reste l'original développement du sous-vide comme « emballage », en boucherie artisanale, une fois la viande vendue au client. Il est considéré comme un simple service, à l'instar du papier boucher (pas d'obligation d'étiquetage, ni de D.L.C. ...).

Chez le consommateur

Le principal problème de cette ultime phase de la conservation est celui de la **mauvaise maîtrise du froid**. Les enquêtes montrent une certaine insouciance dans le domaine de la gestion du réfrigérateur ménager, ce qui ne favorise pas la préservation de la couleur de la viande. Cependant, celle-ci s'altère plus ou moins vite selon **la nature de l'emballage** (fig. 5), sans que ce dernier n'ait forcément d'impact sur la qualité bactériologique ou les aspects perçus en bouche.

Il convient de garder une **viande achetée à la coupe dans le papier boucher**, avec ou sans le sac plastique d'origine, ou éventuellement de l'emballer dans **du cellophane**. La viande en simple papier boucher peut cependant présenter de légers dessèchements (zones plus sombres) aux endroits où le papier se trouve collé au morceau en une seule épaisseur. La viande doublement protégée dans le papier boucher et le sac plastique résiste plutôt mieux, contrairement à une opinion assez largement répandue, selon laquelle une viande doit pouvoir respirer pour se conserver : elle ne présente pas de handicap lié à un certain confinement (« poissage* », odeur...).

Figure 5 : Performances de conservation de la viande en réfrigérateur ménager



Laisser **le morceau nu** dans une assiette le fait se dessécher. Le phénomène est déjà visible après 2 jours de conservation en réfrigérateur « bien réglé » (+2/4°C) et s'accroît par la suite. Ceci est essentiellement valable pour les viandes rouges ; la viande de veau peut être conservée nue sans altération majeure de sa couleur, mais elle se dessèche en surface.

La boîte plastique hermétique ou le **papier aluminium** ne sont pas recommandés. La viande s'altère très rapidement, même en réfrigérateur « bien réglé », surtout, avec l'aluminium : couleur inhabituellement sombre sur le dessus du morceau, tâches brunes sur le dessous...

La conservation de **la viande achetée sous forme conditionnée en GMS** est presque toujours meilleure en gardant la viande **dans son emballage d'origine**, plutôt qu'en la déballant et en la conservant autrement, ceci dans les limites de la D.L.C.. Il peut toutefois être judicieux de déballer la viande achetée sous film étirable, afin de s'assurer de son bon état de fraîcheur en cours de conservation (surtout pour les viandes avec os). En effet, le conditionnement sous étirable est « seulement » un conditionnement de présentation. Il peut arriver que la viande ainsi conditionnée s'altère de façon assez notable avant sa D.L.C. (dans de mauvaises conditions de température...), notamment sur la face inférieure qui n'est pas visible. Le consommateur peut avoir intérêt à se rendre compte de son état, pour décider de son utilisation ultérieure : consommation rapide si la viande commence à s'altérer ou maintien emballée sous cellophane, pour une certaine protection, durant quelques heures ou jours supplémentaires

LA LUMIÈRE DURANT LA CONSERVATION

L'effet néfaste de la lumière sur la conservation de la viande est bien connu : elle peut jouer indirectement en augmentant la température ambiante, mais surtout accroît la vitesse d'autoxydation de la myoglobine. Il n'y a sans doute pas d'oxydation directe du pigment : **une réaction photochimique intermédiaire**, initiée par la lumière, interviendrait et déclencherait l'oxydation de la myoglobine oxygénée et/ou de la myoglobine réduite.

La lumière des vitrines réfrigérées peut nuire à la préservation de la couleur



Les radiations ultraviolettes (U.V. : longueurs d'ondes entre 10 et 400 nm) sont particulièrement visées, car elles favorisent les processus photo-oxydatifs et la dénaturation des protéines. Or, ces radiations font partie du spectre* d'émission des tubes fluorescents habituellement utilisés dans les vitrines réfrigérées, bien qu'en proportions minimales. De plus, la majorité des conditionnements de détail laisse filtrer la lumière U.V. jusqu'à la surface de la viande. L'utilisation de tubes fluorescents émettant pas ou peu de radiations U.V. permet de ralentir l'oxydation de la viande.

L'emploi de films de conditionnement avec filtre* U.V., ou de films actifs dans lesquels sont incorporés un absorbant des radiations U.V., donne aussi de bons résultats.

A l'instar de la lumière fluorescente, la **lumière incandescente*** a parfois une influence néfaste.

Le conditionnement sous vide, en réduisant la disponibilité en oxygène, permet de réduire les altérations provoquées par la lumière. Le stockage à **l'obscurité** ralentit également la décoloration de la viande, entre autres par son action sur les germes, dont la croissance se voit ralentie.

LES « TRAITEMENTS » SUBIS PAR LA VIANDE

Les opérations qui portent atteinte à l'intégrité des cellules de la viande favorisent les phénomènes oxydatifs : oxydation des graisses (peroxydation* lipidique) et oxydation des pigments, dont il est admis en viande de bœuf, qu'elles sont très liées (la première étant un promoteur de la seconde). Les procédés de désossage mécanique, restructuration, broyage, hachage, congélation et cuisson des viandes... sont concernés, car tous fragilisent la viande.

L'autoxydation est également favorisée par de fortes teneurs en sels et en métaux lourds dans la viande.

Sources :

ANONYME (2004) *Guide pour le choix et l'utilisation des banques et vitrines réfrigérées et des installations de réfrigération chez les artisans. Rapport d'étude.* ADIV, Clermont-Ferrand ; INTERBEV, OFIVAL, Paris.

BECHEREL F., RONCIN M.P. (1989) *Conservation et congélation ménagère. Compte rendu Institut de l'Elevage, INTERBEV, Paris.*

CARTIER P. (1997) *Le point sur... la qualité microbiologique de la viande bovine. Collection INTERBEV, 6/1997.* Institut de l'Elevage, INTERBEV, Paris.

DJENANE D. (2005) *Antioxydants et limitation des UV : prolonger la durée de vie commerciale des viandes fraîches.* Vigie-viande, 354, www.vigie-viande.info.

FRENCIA J.P. (1993) *Le point sur le froid et la viande. Collection INTERBEV. ADIV, Clermont-Ferrand ; INTERBEV, Paris.*

LEGRAND I. (1992) *Bœuf sous atmosphère. Performances de conservation de la viande de bœuf conditionnée sous atmosphère de « longue durée » (sans O₂).* Viandes Prod. Carnés, 13(6), 175-179.

LEGRAND I. (1993) *Conditionnement et performances de conservation à l'état frais des viandes de boucherie et des abats. Rapport d'étude.* Institut de l'Elevage, INTERBEV, Paris.

LEGRAND I. (2000) *Le sous-vide et l'artisan boucher-charcutier-traiteur. Rapport d'étude.* Institut de l'Elevage, INTERBEV, CFBCT, Paris.

MOEVI I. (2005) *Actualisation des conseils aux consommateurs par les artisans. Conservation ménagère en frais et en congelé, décongélation, préparation culinaire et cuisson des viandes. Compte rendu final n°170532012.* Institut de l'Elevage, Villers-Bocage ; INTERBEV, Paris.

RENERRE M. (1986) *Influence de facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine.* Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA, 65, 41-45.

RENERRE M. (1987) Influence du mode de conditionnement sur la couleur de la viande. *Viandes Prod. Carnés*, 8(2), 47-50.

RENERRE M., GATELLIER P., MINARD A., ROUSSEL X., LAPINTE M. (1996) Conservation sous 100% de CO2 en présence d'un absorbeur d'oxygène pour prolonger la durée de vie de la viande de bovin. *Viandes Prod. Carnés*, 17(6), 297-299.

RENERRE M., LABADIE J. (1993) Fresh red meat packaging and meat quality. *Proc. 39th ICoMST, Session 8*, 361-387. Calgary, Canada.

ROSSET M. R., LIGER P. (1983) La couleur de la viande. *Actualités scientifiques et techniques en industries agro-alimentaires*, 22, 101 p. APRIA, Paris.

ROUSSET S., RENERRE M. (1990) Comparaison des modes de conservation sous CO2 et sous vide de la viande bovine à pH normal et à pH élevé. *Viandes Prod. Carnés*, 11(6, 6bis, 6ter), 277-278.

ROUSSET S., RENERRE M. (1990) Conservation de la viande fraîche de bœuf dans différents systèmes d'emballage sous gaz carbonique avec ou sans oxygène résiduel. *Sci. Aliments*, 10, 737-747.

La couleur de la viande bovine

LE « BORDAGE » DE LA VIANDE

DESCRIPTION DU PHÉNOMÈNE

Le bordage est un problème de présentation de la viande, qui se traduit par l'existence d'une auréole (ou de fractions d'auréoles) de couleur marron/vert à quelques millimètres de la périphérie du morceau.

*Muscle « bordé »
dans sa partie supérieure*

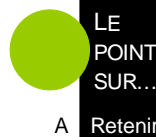


CONSÉQUENCES POUR LE DISTRIBUTEUR

Ce défaut de présentation amène le professionnel à parer davantage la viande, avant de la proposer à la vente au consommateur.

Le distributeur peut ainsi être contraint d'enlever 1 à 2 cm d'épaisseur de viande sur un morceau, ce qui représente des pertes financières non négligeables.

Certains opérateurs répercutent systématiquement ces pertes sur le prix de vente de la pièce.



Le bordage de la viande est une manifestation anormale ayant une explication normale.

Il s'agit d'une accumulation excessive et irréversible de metmyoglobine quelques millimètres sous la surface de la viande, qui provoque l'apparition d'une épaisse auréole brune, visible quand on tranche le morceau.

Ce phénomène résulte d'une pénétration accentuée de l'oxygène dans le muscle, variable selon la nature du muscle et son degré de protection vis à vis de l'oxygène.

La prévention du bordage passe par la limitation du temps que le muscle passe « nu » à l'air, au cours de la conservation. Un émoussage raisonnable, un désossage et un parage tardifs, une rapide rotation des viandes conservées à l'air et/ou une mise sous vide sont de nature à réduire les problèmes, sans toutefois pouvoir les éliminer totalement.

FRÉQUENCES D'APPARITION

Importance des carcasses touchées

Selon une enquête réalisée en 1997 par l'Institut de l'Élevage, ce phénomène toucherait plus d'une carcasse sur 5 en moyenne, avec des variations selon les circuits de commercialisation.

Ce chiffre, qui peut sembler énorme, doit être relativisé, car il cache une grande diversité de situations.

Dans une carcasse, en réalité seuls quelques muscles sont concernés.

Par ailleurs, les boucheries artisanales sont les points de vente les plus touchés, avec près du tiers des carcasses en cause. En G.M.S., la fréquence est moindre, avec environ 1 carcasse sur 6 concernée, et seulement 1 sur 8 pour une vente exclusive en libre service.

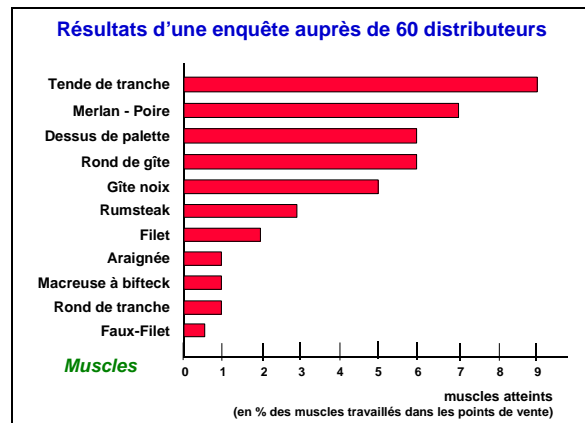
Principaux muscles concernés

Les muscles les plus atteints sont essentiellement ceux du quartier arrière, notamment du tendre de tranche, de la semelle et le rumsteak, ainsi que le dessus de palette dans l'avant (fig. 1).

Bordage sur un muscle du tendre de tranche conservé totalement épluché



Figure 1 : Sensibilité des muscles au bordage



ORIGINE ET EXPLICATION DU BORDAGE

Le bordage est une manifestation anormale d'un phénomène tout à fait normal, mais exacerbé.

Il se met en place à l'intérieur du muscle, juste sous la surface, et reste invisible : il faut trancher le morceau pour le constater.

L'auréole de couleur brune est due à l'oxydation de la myoglobine en zone semi-profonde du muscle, suite à la pénétration de l'oxygène de l'air (l'air contenant environ 20% d'oxygène et 80% d'azote).

En effet, la myoglobine oxydée, ou metmyoglobine, se développe de préférence là où les pressions partielles en oxygène sont faibles mais pas nulles, soit généralement quelques millimètres sous la surface du muscle exposée à l'air (fig. 2).

La situation normale

En temps normal, la metmyoglobine forme une couche très mince, invisible à l'œil sur la coupe d'une viande fraîche ; on ne la voit apparaître qu'en fin de durée de vie des morceaux, lorsqu'elle s'est suffisamment épaissie pour venir affleurer à la surface et provoquer une dégradation visible de la couleur de la viande.

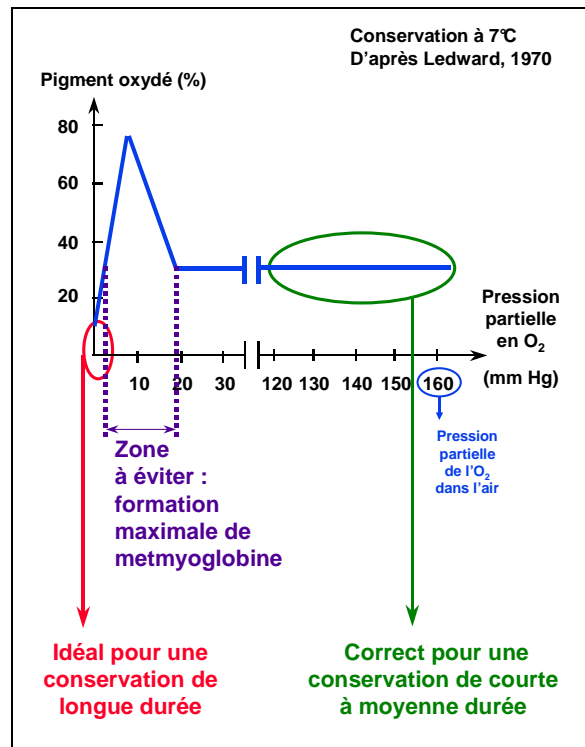
L'apparition du bordage

Dans le cas du bordage, la couche brune de metmyoglobine est si épaisse (quelques millimètres) qu'elle en devient visible lors du tranchage du muscle, sans être pour autant décelable en surface.

L'épaisseur de cette couche de metmyoglobine semble provenir d'une accentuation de la pénétration de l'oxygène dans le muscle. Celle-ci résulterait de l'absence de protection du muscle en surface pendant un certain temps et/ou d'un taux de diffusion de l'oxygène plus important au niveau musculaire, ce qui expliquerait les différences de « comportement » entre muscles (fig. 3).

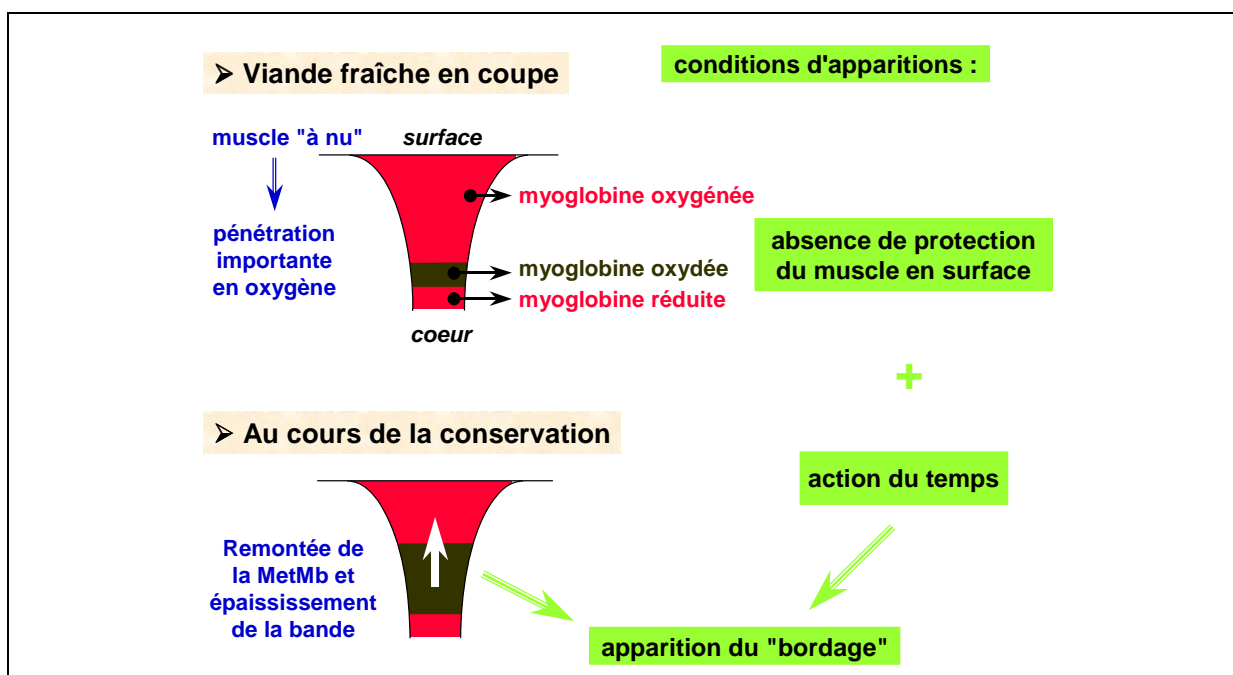
Ceci permet de comprendre aussi pourquoi la boucherie artisanale est le circuit de distribution le plus concerné : la rotation des stocks y est assez lente et la viande peut rester quelques temps à l'air, sans être systématiquement protégée.

Figure 2 : Oxydation de la myoglobine selon la pression partielle en oxygène



En G.M.S., le tranchage et le conditionnement s'effectuent très vite après le travail de préparation de la viande, ce qui limite naturellement l'apparition du phénomène, surtout pour la vente en libre service.

Figure 3 : Mécanisme d'apparition du bordage de la viande



PRÉVENTION DES VIANDES BORDÉES

Pour limiter ou éviter les problèmes liés au bordage de la viande, il convient :

- soit d'écouler le produit rapidement, afin que le phénomène n'ait pas le temps d'apparaître,
- soit de ne pas trancher le muscle, pour ne pas rendre le bordage visible,
- soit de maintenir une protection en surface de la viande, de sorte à éviter tout contact direct avec l'air et ainsi empêcher la trop grande diffusion de l'oxygène au sein du produit.

Dans la pratique, les différentes façons de conserver la viande **ne sont pas équivalentes** vis à vis du risque de bordage (fig. 4).

La conservation en carcasse

Elle ne permet qu'une protection partielle du muscle. Seules les faces internes du muscle, au contact de l'os ou d'autres muscles, et les faces externes bien recouvertes d'aponévroses et de gras, sont protégées. Sur les faces externes peu couvertes ou trop émoussées, le bordage finit par faire son apparition au bout de quelques jours.

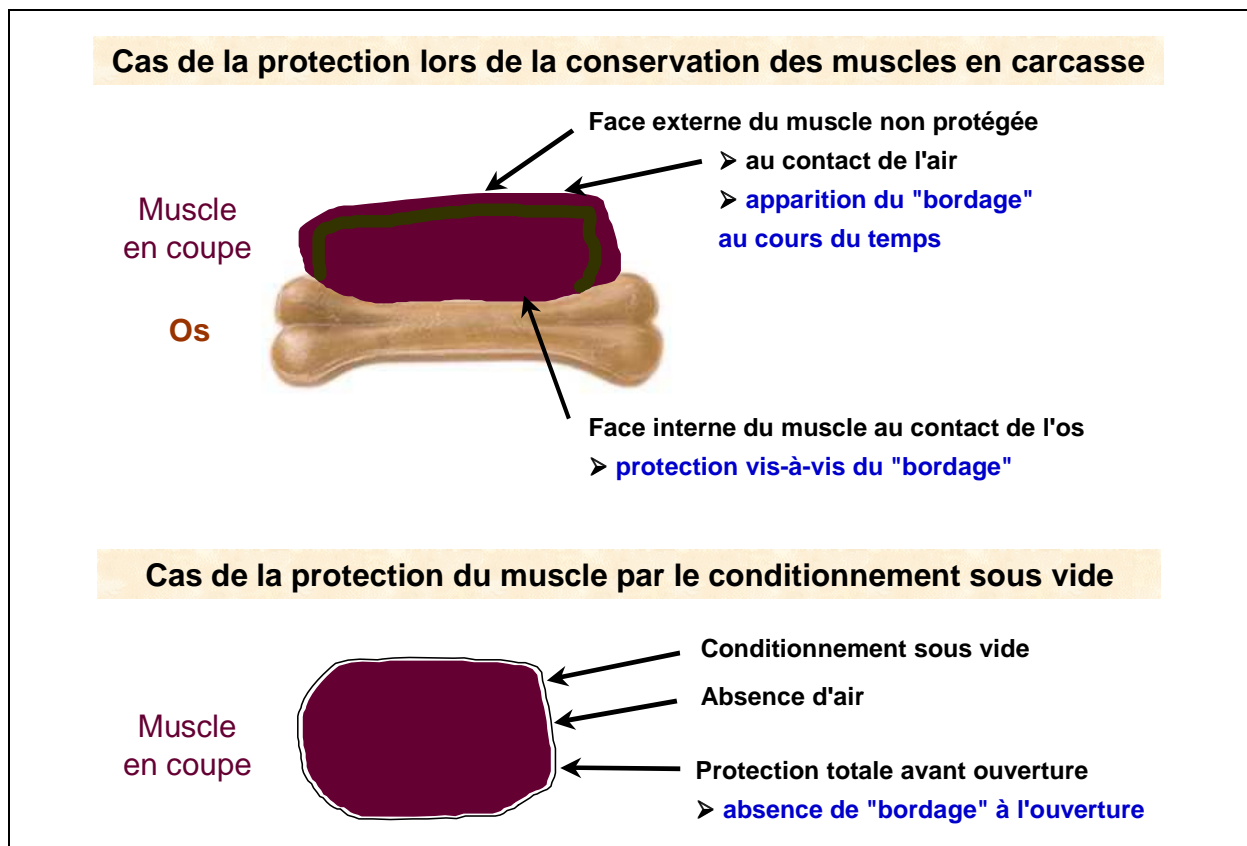
Le conditionnement sous vide

Il représente la protection la plus efficace. La viande se conserve plusieurs jours sans qu'il y ait la moindre trace de bordage lors de son utilisation après le déssouidage.

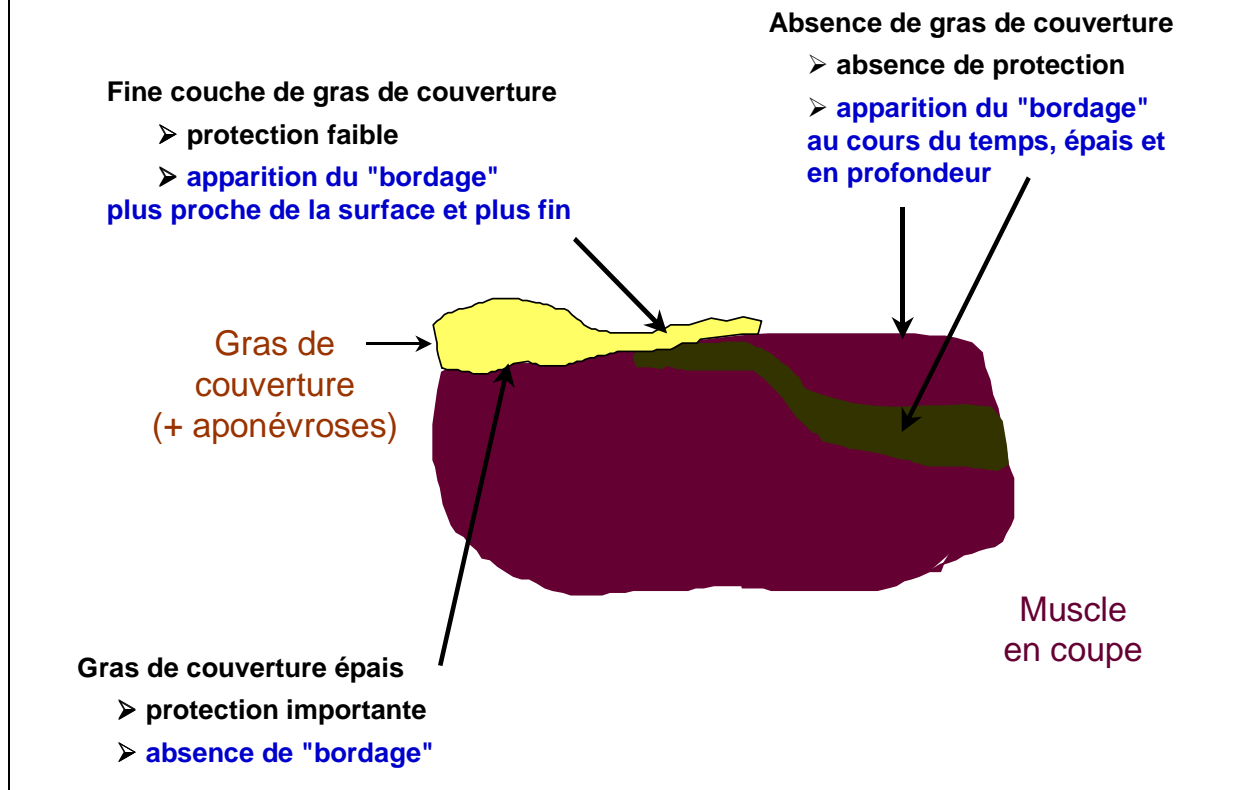
La conservation à l'air

Un muscle désossé, même non paré, est le plus facilement touché par le bordage au cours de la conservation (*a fortiori* un muscle « nu »). Il n'y a jamais suffisamment d'aponévroses et de gras pour assurer une protection complète du muscle.

Figure 4 : Incidence du mode de conservation sur le bordage du muscle



Cas de la protection du muscle par la présence de gras de couverture



Réduire l'exposition à l'air du muscle « nu »

Les pratiques suivantes visent à protéger le muscle avant sa commercialisation :

- une limitation de l'émoussage, par exemple dans les circuits de qualité,
- un désossage des quartiers au dernier moment,
- un parage des muscles également au dernier moment,
- une rotation des stocks de viande et surtout des muscles aussi rapide que possible,
- éventuellement, une mise sous vide,
- de bonnes conditions de conservation de la viande, notamment à température basse.

En effet, comme toujours en matière de conservation de viande et notamment d'oxydations, la température doit être parfaitement maîtrisée, c'est à dire la plus proche possible de 0°C.

Une température plus élevée accélère le développement du bordage.

Quoiqu'il en soit, l'exposition du muscle à l'air est un passage obligé du travail de la viande. La phase critique au cours de laquelle le muscle se retrouve « nu » un certain temps avant tranchage existera donc toujours. Le cas est particulièrement net chez les opérateurs pratiquant une distribution traditionnelle de faible débit, où il n'est pas rare que le morceau épluché passe plusieurs jours entre le frigo et la vitrine.

Muscle « bordé » sur presque toute sa périphérie



Bordage sur un muscle du tende de tranche conservé totalement épluché



Vivre avec le bordage

Pour cette raison, il n'est pas envisageable de supprimer la totalité des cas de bordage. Il convient que chacun des opérateurs de la filière connaisse le phénomène et sache « vivre avec ».

Certains tentent de rendre le problème moins visible, par un tranchage particulier, une disposition spécifique des tranches...

D'autres préfèrent considérer le bordage comme un signe de maturation, ce qui n'est pas totalement faux. La commercialisation s'accompagne alors d'un commentaire dans ce sens. Il est tout à fait possible de préciser que le bordage ne relève en rien d'une altération microbiologique du produit.

QUELS EFFETS DU TYPE D'ANIMAL, DE SON ALIMENTATION... ?

De l'avis des professionnels, l'âge, la race et l'alimentation des animaux favoriseraient également l'apparition du bordage. Les animaux jeunes (taurillons) et ceux de races Blonde d'Aquitaine, voire Charolaise, seraient plus touchés, de même que les viandes claires.

Le douchage des carcasses en abattoir est également incriminé par les distributeurs.

Mais tous ces aspects semblent **secondaires** : ils prédisposent peut-être les carcasses au phénomène de bordage, sans en être le déclencheur véritable (lequel réside dans l'exposition de la viande à l'oxygène de l'air, sans protection, durant un certain temps).

Sources :

BASTIEN D. (1997) Le « bordage » de la viande chez les gros bovins. Origine et réalité du phénomène. Institut de l'Elevage, INTERBEV, OFIVAL, Paris.

BASTIEN D. (1999) Le point sur le phénomène de « bordage » de la viande de gros bovins, 03/1999. Institut de l'Elevage, INTERBEV, Paris.

La couleur de la viande bovine

LA COMPOSANTE BACTÉRIOLOGIQUE ET LA STABILITÉ DE LA COULEUR

La composante bactériologique de la couleur de la viande est souvent un « faux » problème, qui rejoint celui de la forme chimique du pigment. Toutefois, cette fiche est l'occasion de **faire ressortir l'importance de la qualité bactériologique** de la viande eu égard à la stabilité de la couleur en cours de conservation.

ENDUITS BACTÉRIENS DE SURFACE

Le cas le plus flagrant d'interaction entre la qualité bactériologique d'une viande et sa couleur est celui d'un produit massivement contaminé.

Dans de telles conditions, différentes espèces bactériennes (*Chromobacterium*, *Flavobacterium*, *Serratia*, *Bacillus*, *Micrococars*, *Sarcina*...) peuvent provoquer la formation d'un enduit bactérien pigmenté en surface du morceau, dont la coloration (blanchâtre, verdâtre...) interfère avec la couleur du produit.

Bien qu'existant, ce cas ne présente néanmoins que peu d'intérêt, car les viandes concernées ne sont clairement plus commercialisables, notamment du fait de leur mauvaise qualité hygiénique.

FORME CHIMIQUE DU PIGMENT

Il existe un lien un peu moins extrême entre qualité bactériologique et couleur de viande, auquel il importe de penser, lors de la conservation du produit.



Dans les cas les plus courants, la qualité bactériologique interfère avec la couleur de la viande, par le biais de la transformation chimique du pigment.

Ainsi, une viande présentant une forte charge bactérienne dès le début de la conservation, voit sa couleur s'altérer plus rapidement qu'une autre, suite à l'accélération du développement irréversible de la metmyoglobine de couleur brune, peu attractive. De plus, certains germes peuvent provoquer la formation de pigments verdâtres à partir de la myoglobine.

Par ailleurs, dans certains cas extrêmes, sur viandes déjà incommercialisables, l'impression colorée peut être modifiée par le développement d'enduits bactériens plus ou moins colorés en surface du produit.

Ainsi, les viandes sur lesquelles les **bactéries** sont déjà entrées **en phase de prolifération** (sans que le résultat ne soit encore visible, contrairement au cas précédent), risquent de subir des altérations de couleur plus rapides que la moyenne, lors de la conservation.

Une charge bactérienne initiale importante encourage les phénomènes biochimiques de dégradation de la couleur de la viande, **en accélérant l'apparition de la metmyoglobine** brune en surface du produit.

De fait, lors de leur phase de croissance exponentielle, les flores aérobies (du type *Pseudomonas**, par exemple) augmentent leur consommation en oxygène. **La tension en oxygène s'en trouve diminuée** et peut atteindre le niveau critique correspondant au maximum d'autoxydation de la myoglobine (la metmyoglobine se développe aux faibles pressions partielles en oxygène – fiche 6).

Ceci étant, la croissance des bactéries n'est pas associée à la décoloration brune de la viande. Le contre-exemple type est celui des lactobacilles, qui se développent sous vide sans générer d'altération de couleur de la viande.

Par ailleurs, certains micro-organismes peuvent élaborer des **pigments verdâtres à partir de la myoglobine**.

Les bactéries productrices d'hydrogène sulfuré (H_2S) sont susceptibles de provoquer ainsi la formation de sulfomyoglobine*. Ce pigment vert se forme dans les viandes à pH élevé sous de basses pressions en oxygène.

L'utilisation de conditionnements sous atmosphère pauvre en oxygène est donc à éviter pour de telles viandes.

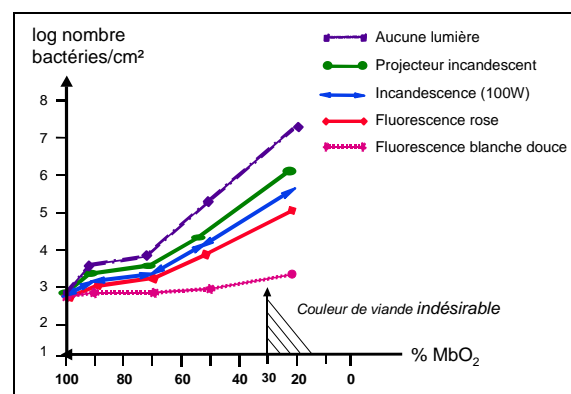
De même, les bactéries productrices d'eau oxygénée (H_2O_2) peuvent-elles provoquer un verdissement, via la formation de cholémyoglobine*.

Une forte contamination bactérienne accélère la décoloration de la viande



L'influence des bactéries sur l'évolution de la couleur de la viande fraîche réfrigérée est fonction des **conditions d'éclairage** (fiche 7 et fig. 1). A l'obscurité, ou sous lumière peu agressive, l'effet néfaste des germes est faible : leur développement peut être assez important sans qu'apparaisse pour autant une couleur de viande inacceptable. Des éclairages inadaptés (de type fluorescent) sont, au contraire, préjudiciables quelle que soit la charge bactérienne : ils réduisent rapidement la teneur en oxymyoglobine de la viande, même pour des niveaux de contamination acceptables. Le phénomène s'accroît au fil du temps, parallèlement à la formation de la metmyoglobine.

Figure 1 : Interaction entre la charge bactérienne et la teneur en pigment oxygéné en surface de la viande sous différentes conditions d'éclairage



L'emploi de rayons ultraviolets en chambre froide, pour retarder la croissance microbienne, a des effets néfastes sur la stabilité de la couleur (fiche 7)

De tout ceci il découle que la préservation de la belle couleur rouge de la viande sur une durée de conservation correcte, ne peut s'envisager que pour un **produit initialement sain**. A l'instar de la température de conservation, la qualité hygiénique de départ est fondamentale pour une préservation satisfaisante de la couleur de la viande.

Cette règle de base est d'ailleurs connue sous le nom de « trépied frigorifique de Monvoisin » : réfrigération d'un produit sain, réfrigération précoce, réfrigération continue.

En finale, il convient de toujours garder à l'esprit, que les facteurs intervenant dans la stabilité de la couleur de la viande **ne sont pas indépendants** les uns des autres, même s'ils sont traités séparément dans le présent document, pour des raisons de clarté.

Sources :

CARPENTIER J. (1966) *La coloration de la viande et les principaux facteurs de variation*. Bull. Soc. Sci. Hyg. Alim., 54 (1-2-3).

CARTIER P. (1997) *Le point sur... La qualité microbiologique de la viande bovine*. 6/1997. Institut de l'Elevage, Villers-Bocage ; CIV, INTERBEV, Paris.

ROSSET M. R., LIGER P. (1983). *La couleur de la viande*. *Actualités scientifiques et techniques en industries agro-alimentaires*, 22, 101 p. APRIA, Paris

La couleur de la viande bovine

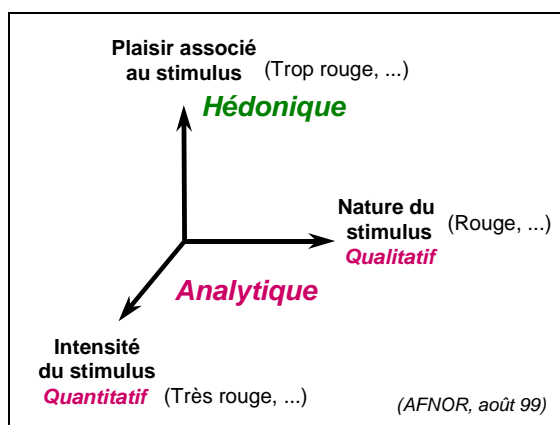
L'ÉVALUATION SENSORIELLE DE LA COULEUR

PRINCIPE DES MÉTHODES SENSORIELLES

L'évaluation sensorielle* de la couleur de la viande consiste en un jugement visuel, par une ou plusieurs personnes, plus ou moins qualifiées selon l'objectif poursuivi.

Elle comprend **différentes approches**, qui ne fournissent pas les mêmes informations, ne sont pas soumises aux mêmes contraintes, mais sont **complémentaires** les unes des autres.

Figure 1 : Les composantes de la perception sensorielle



APPROCHES ANALYTIQUE ET HÉDONIQUE

A partir des récepteurs sensoriels (les yeux notamment), le cerveau est capable de dissocier 3 aspects dans une perception sensorielle (fig. 1).

L'appréciation sensorielle de la couleur de la viande est une méthode de mesure directe, sensible, synthétique, généralement

non destructive, qui reste la référence. Elle seule permet d'approcher les réactions des consommateurs.

L'obtention d'une description fiable de la couleur de la viande par voie sensorielle est, par contre, peu compatible avec les contraintes des outils d'abattage. C'est pourquoi la profession étudie le remplacement des évaluations visuelles actuellement réalisées en entreprises par des mesures instrumentales.

L'analyse sensorielle* de la couleur utilise des grilles d'évaluation, variables selon les objectifs visés. Seule la grille de classement des veaux de boucherie est officiellement reconnue à ce jour et utilisée en

routine à l'abattoir, pour le paiement des éleveurs.

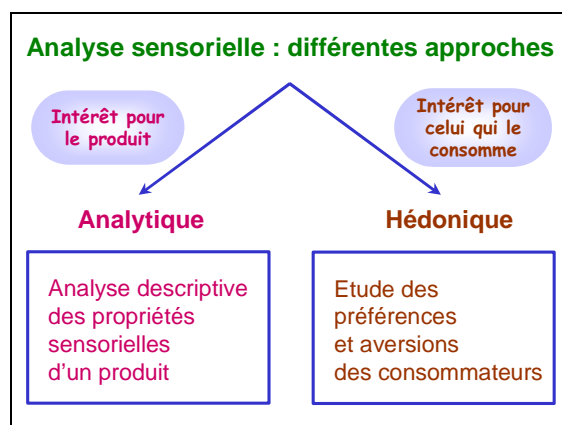
Lors de toute évaluation sensorielle, il faut **définir ce que l'on cherche à évaluer** :

- soit une qualité sensorielle,
- soit une qualité hédonique*.

La première concerne les propriétés d'un produit perceptibles par les sens, indépendamment de son destinataire.

La seconde s'intéresse à l'interaction entre le produit et celui qui va le consommer : c'est une réaction affective, subjective par nature. Elle n'est jamais attribuable au seul produit : un produit est bon ou mauvais pour un sujet ou un groupe de sujets, mais non en lui-même, sur le plan de ses caractéristiques sensorielles (fig. 2).

Figure 2 : Distinguer les approches analytique et hédonique



Mesurer la qualité sensorielle d'un produit de la manière la plus objective possible relève d'une **démarche de type analytique**.

Celle-ci utilise un **jury de personnes entraînées ou expertes**, assimilable à un instrument de mesure, sans aucune prétention de représentativité d'une population de consommateurs. Les juges ne sont effectivement pas sélectionnés dans ce but, mais retenus sur leur capacité à évaluer des critères, à détecter des différences parfois minimes. Le vocabulaire utilisé par un tel jury est souvent précis et technique, ce qui demande une

formation spécifique. Il va de soi que toute personne présentant des défauts d'anomalie de la vision des couleurs est éliminée lors de la sélection et des entraînements préalables aux évaluations : des tests existent pour détecter ce genre de problèmes.

L'approche analytique s'oppose par bien des aspects, notamment par la nature des informations recueillies, à une **approche** d'une autre nature, qualifiée d'« **hédonique** ». Celle-ci mesure l'appréciation affective que portent les consommateurs sur un produit, sur la base de ses propriétés sensorielles.

L'approche hédonique utilise un **jury de consommateurs**, composé de personnes naïves, non entraînées, qui donnent des réponses spontanées. Le jury doit permettre d'approcher avec une précision suffisante l'opinion de la population ciblée, ce qui pose des problèmes d'échantillonnage*. La sélection des juges doit prendre en compte des paramètres permettant de décrire la population : par exemple, le sexe, l'âge, la catégorie socio-professionnelle, la fréquence de consommation de viande...

Les réponses apportées par les **consommateurs** sont du type « je préfère », « je n'aime pas », « je rejette »... Elle permettent rarement de comprendre le pourquoi des appréciations. Les critères d'évaluation de la viande sont simples et peu nombreux ; il s'agit de termes du langage courant, à l'exclusion du vocabulaire technique. Ceci restreint forcément la finesse des informations apportées par les tests consommateurs. De plus, ces informations sont relatives à la population interrogée, à un moment donné, et doivent être remises en cause régulièrement.

DES GRILLES D'ÉVALUATION

Quelle que soit leur nature, les jurys sollicités doivent disposer d'outils pour l'évaluation sensorielle de la couleur de la viande.

Il s'agit **souvent** de **grilles de classement**. Des étalons colorés sont parfois utilisés pour aider au jugement. L'évaluation peut concerner :

- l'intensité de la pigmentation d'une viande fraîche,
- l'altération de la couleur en cours de conservation,
- la « normalité » de la coloration pour le type de viande concerné (détection d'éventuels problèmes de viandes D.F.D. ou P.S.E.).

DES GRILLES D'INTENSITÉ DE COULEUR

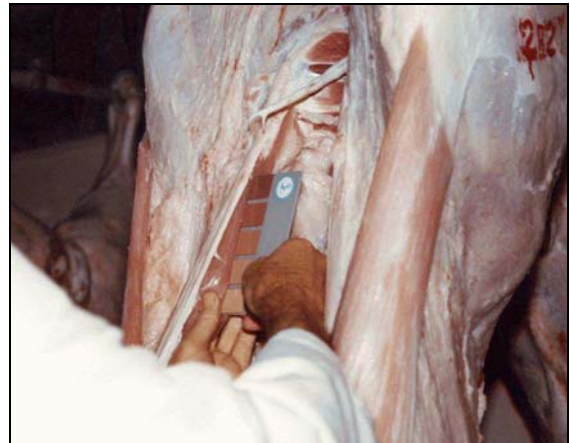
L'évaluation de la couleur des gros bovins se fait généralement sur le long dorsal, accessible lors de la coupe de gros. Elle s'effectue après un temps d'oxygénation de la viande (jusque là sans contact avec l'oxygène), selon des grilles internes aux entreprises, puisqu'il n'existe **pas de grille officielle** de classement de la couleur des gros bovins.

Toutefois, certains industriels abatteurs/transformateurs intéressés par le sujet ont défini en 1997, en collaboration avec l'Institut de l'Élevage, une grille de notation adaptée à leurs besoins.

Celle-ci comporte **4 classes d'intensité** de pigmentation, présentée ici à titre indicatif :

- 1 = rouge très clair,
- 2 = rouge clair,
- 3 = rouge vif,
- 4 = rouge foncé (hors pH élevé).

Evaluation visuelle de la couleur d'un veau à l'aide d'un référentiel couleur hollandais en 5 teintes



Cette grille est utilisable par tous ceux qui le souhaitent. Elle a été établie selon certains principes.

Le nombre de classes a notamment fait l'objet d'un compromis pour :

- permettre une précision suffisante afin de rendre compte des différences de couleur perceptibles,
- éviter les découpages excessifs, qui nuisent à la répétabilité* et à la reproductibilité* des appréciations.

Avec cette grille en 4 classes, la qualité du jugement effectuée le lendemain de l'abattage, sur le long dorsal des bovins, est satisfaisante. Elle est comparable à ce qui peut être obtenu avec d'autres jugements de même nature :

- appréciation de la couleur de la viande de veau sur la bavette de flanchet en fin de chaîne d'abattage (voir plus loin),
- évaluation de la couleur du gras sous-cutané des carcasses d'agneau réfrigérées (fig. 3).

Ces résultats montrent, par ailleurs, qu'il existe une imprécision liée aux limites intrinsèques d'un classement sensoriel.

Figure 3 : Pourcentage de carcasses classées de la même façon

| Type de produit | A | B |
|-----------------|----------|------------------------|
| Bœuf | 58 à 75% | 66 à 82% |
| Veau | 68 à 77% | 71 à 82% * 67 à 79% |
| Agneau | 58 à 83% | 57 à 70% |

A : par un même pointeur au cours de 2 jugements successifs
 B : par un pointeur et la moyenne des autres pointeurs
 B* : entre 2 pointeurs parmi un jury de 3 pointeurs, dans de récents essais (2005/2006)

Suivant la problématique étudiée, il est possible de regrouper plusieurs notes ou, au contraire, de distinguer des sous-catégories au sein de certaines notes, par exemple, lorsque l'on travaille sur un type d'animal très homogène.

DES GRILLES D'ALTÉRATION DE COULEUR

A l'instar de l'intensité de la couleur de la viande, il n'existe pas de grille officielle d'évaluation de l'altération de la couleur des viandes des gros bovins.

Il est cependant utile de pouvoir travailler sur l'acceptabilité d'un produit et/ou sa durée de vie résiduelle, après une période de conservation donnée, lesquelles sont fortement liées à la dégradation de la couleur. Les centres de recherche ont donc développé des grilles internes pour aborder ce genre de problématique.

A titre d'illustration, voici l'une des grilles employées par l'Institut de l'Élevage :

- 5 = aucune altération de couleur,
- 4 = début d'altération, la viande étant commercialement encore très correcte,

- 3 = degré d'altération correspondant à la limite d'acceptabilité commerciale en matière de couleur de viande,
- 2 = couleur trop altérée pour permettre la commercialisation,
- 1 = altération de couleur maximale.

Cette échelle est utilisée par un groupe d'au moins 3-4 juges entraînés, pour une appréciation plus fiable. Elle donne des résultats pertinents eu égard aux préoccupations des professionnels, mais reste une grille de travail interne, à manipuler avec précaution, de par son caractère mi-absolu, mi-hédonique :

- absolu, car les extrémités de l'échelle (notes 1 et 5) sont des références absolues,
- hédonique, car tenant compte d'une notion d'acceptabilité commerciale à l'évidence propre à chacun (position de la note 3 propre à chaque juge : certains sont tolérants, d'autres plus exigeants).

Plusieurs indicateurs du degré de préservation de la couleur peuvent être calculés sur la base de ce classement couleur, par exemple :

- le % de morceaux encore commercialisables au plan de la couleur de viande, lors de l'évaluation (notes ≥ 3),
- le % de morceaux dont la couleur présente encore un très bel aspect (notes ≥ 4)...

Evaluation sensorielle de longes de porc par un jury d'experts



DES GRILLES D'APPRÉCIATION HÉDONIQUE

L'approche hédonique (et non plus descriptive) du produit utilise généralement des questionnaires simples. L'objectif n'est pas de privilégier la richesse de l'information, mais la compréhension des questions par les consommateurs interrogés. Le vocabulaire employé est donc limité à celui du langage courant, assez pauvre pour les viandes.

Il est classique de demander des préférences, des intensités perçues, des degrés de satisfaction globale, des degrés de satisfaction pour différents critères (fig. 4)...

AVANTAGES DES MÉTHODES SENSORIELLES

Pour la couleur de la viande, comme pour tout critère de qualité sensoriel, les méthodes d'évaluation sensorielles constituent **LA référence**. Il convient, dans la mesure du possible, **d'y rapporter les résultats obtenus par voie instrumentale**, pour mieux les interpréter... En finale, c'est effectivement **l'œil qui détermine l'acceptabilité du produit** par le professionnel ou le consommateur destinataires (intensité et altération de couleur).

L'évaluation sensorielle est une technique **directe, sensible**, à laquelle il est difficile de substituer d'autres appréciations.

L'œil permet, par exemple, un jugement **synthétique** sur l'ensemble du produit, ce qui n'est pas toujours le cas des méthodes instrumentales, lesquelles ne prennent généralement en compte que de petites portions de produit.

De plus, certaines différences instrumentales peuvent ne pas être perçues par l'œil : leur importance doit donc être relativisée, même si leur mise en évidence aide à la

compréhension scientifique des phénomènes.

Lorsqu'elle est réalisée par une seule personne, l'appréciation visuelle est, par ailleurs, **rapide et facile** à mettre en œuvre sur le terrain. Mais, elle présente alors les limites de ses avantages : elle ne peut être qualifiée d'objective, pour les raisons rappelées ci-après. Une telle évaluation doit être considérée comme une première approche du critère étudié, intéressante et informative, mais qui doit être confirmée par d'autres mesures, pour un résultat plus fiable.

**Figure 4 : Exemple de questionnaire
« consommateurs »**

| QUESTIONNAIRE | | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Jugez la couleur des 6 échantillons qui vous sont présentés : | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| I - ACHÉTERIEZ-VOUS CETTE VIANDE ? | | | | | | |
| Oui | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Non | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| II - QUELLE EST VOTRE PRÉFÉRENCE ? | | | | | | |
| Je n'aime pas du tout | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| J'aime un peu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| J'aime beaucoup | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| III - LA TEINTE EST-ELLE ? | | | | | | |
| Pourpre | Pas du tout | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Beaucoup | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Rouge Vif | Pas du tout | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Beaucoup | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Marron | Pas du tout | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Beaucoup | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

INCONVÉNIENTS DES MÉTHODES SENSORIELLES

L'évaluation sensorielle présente **différents inconvénients**. Elle est sujette à différents biais, qui peuvent en fausser les résultats et doit donc être utilisée et surtout interprétée avec la plus grande rigueur.

L'un des points susceptibles d'entamer la validité du jugement sensoriel est **le nombre de personnes effectuant l'évaluation**.

Dans le cas d'un **jugement de nature analytique**, le problème rencontré est celui de la subjectivité du jugement visuel d'un individu. Le jugement d'une personne seule, fût-elle experte, ne peut prétendre à l'objectivité ; il est propre à la personne considérée. Il faut plusieurs experts pour obtenir une évaluation sensorielle qualifiable d'objective (la moyenne des évaluations des experts).

Pour un paramètre tel que la couleur de la viande, qu'il s'agisse d'intensité ou d'altération, le nombre de juges à retenir est probablement moins important que pour les aspects sensoriels perçus en bouche (tendreté, goût...). Ainsi est-il courant de travailler avec 3 à 5 experts, la moyenne de leurs évaluations étant considérée comme LA référence.

Dans le cas d'un **jugement hédonique**, le nombre de juges pris en compte détermine la précision avec laquelle l'opinion moyenne de la population de consommateurs étudiée est approchée par le jury. Un échantillon insuffisant n'en donne qu'une estimation très grossière, donc peu informative.

Il est généralement recommandé de travailler avec au moins 60 personnes. Un effectif de 20 à 25 individus peut toutefois s'avérer suffisant pour un travail qualitatif, de nature explicative (meilleure compréhension des opinions et comportements de consommateurs) : l'échantillon doit juste permettre de cerner la diversité des situations existantes.

Pour tous ces juges se pose, de plus, le problème de **la saturation** de la personne, au delà d'un certain nombre d'appréciations. Le nombre de produits susceptibles d'être correctement appréciés lors d'une séance d'évaluation sensorielle est

limité, car la sensibilité décroît au fil du temps (elle diminue déjà après chaque évaluation, pendant un temps variable).

De tout ceci, il découle que le jugement visuel analytique vrai (au sens de réellement objectif) ou hédonique de la couleur est **assez lourd** à mettre en place. Il n'est donc **pas utilisable en routine sur de gros effectifs**. Ceci le rend peu adapté au contexte des entreprises d'abattage et de transformation des viandes.

Par ailleurs, il arrive que le jugement visuel puisse-être **coûteux**, car **destructif**, et que ses résultats ne soient **connus que tardivement**. C'est notamment le cas des études consommateurs ou des travaux sur l'altération de la couleur.

Sur gros bovins, l'évaluation de la couleur s'effectue sur le long dorsal, à la coupe de gros



ET LE VEAU ?

Le veau de boucherie fait l'objet d'un classement couleur en fin de chaîne d'abattage, au stade de la pesée fiscale, sur la bavette de flanchet (*Rectus abdominis*). L'appréciation s'effectue selon le catalogue national **officiel** de classement E.U.R.O.P.A. édité par l'Office de l'Élevage (anciennement Onibev, puis Ofival). Les carcasses sont évaluées selon 3

critères : la couleur, la conformation et l'état d'engraissement.

Le classement couleur comprend **4 classes d'intensité de pigmentation**, visualisées par des photographies :

- 1 = blanc,
- 2 = rosé clair,
- 3 = rosé foncé,
- 4 = rouge.

L'appréciation selon cette grille de classement sert de base aux transactions commerciales entre opérateurs de la filière, et notamment à la rémunération des éleveurs.

Ceci pose problème, car le classement fait par un unique pointeur est par nature contestable, puisque soumis aux aléas de la vision humaine.

C'est la raison pour laquelle la filière a travaillé et continue à travailler avec l'Institut de l'Élevage, sur **l'objectivation de la mesure** de la couleur de la viande de veau.

Des étalons colorés ont ainsi été mis au point à la fin des années 70, pour aider au jugement visuel. Conçus dans un matériau reproduisant l'épaisseur, la translucidité et la structure de surface de la viande, cette gamme d'étalons présentait des caractéristiques colorimétriques* correspondant à celles des différentes classes de couleur du veau.

Plus récemment, au début des années 90, les recherches se sont tournées vers le test d'appareils de mesure portatifs (fiches 13 et 14). La phase opérationnelle de mise en œuvre d'un classement instrumental en routine, sur chaîne d'abattage ne devrait plus tarder dans cette filière.

Sources :

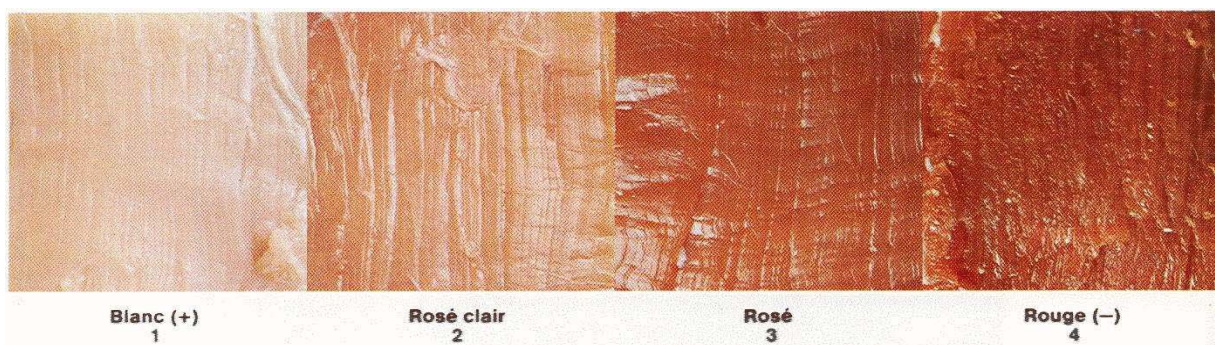
AFNOR (1999) *Normalisation Française. XP V 09-501. Analyse sensorielle. Guide général pour l'évaluation sensorielle. Description, différenciation et mesure hédonique.*

Arrêté du 5 juillet 1977 portant homologation d'un catalogue de classement de carcasses de veaux de boucherie en vue de leur répartition par catégories et de leur marquage. J. O. du 31 juillet 1977, p 4599.

Arrêté du 8 juin 1976 portant homologation d'un catalogue de classement de carcasses de veaux de boucherie en vue de leur répartition par catégories et de leur marquage. J. O. du 1^{er} juillet 1976.

BROUARD S. (2001) *Etude de la couleur des viandes des jeunes bovins abattus à l'entreprise SOVIBA Lion d'Angers – Mise en place d'un observatoire. Compte rendu Institut de l'Élevage, SOVIBA, INTERBEV, OFIVAL, Bovi-Loire, n°2013204, 27 p.*

Extrait du catalogue de classement officiel des veaux présentant les 4 classes de couleur de viande



DENOYELLE C., BROUARD S., LEGRAND I., QUILICHINI Y. (2001) La mesure de la couleur de la viande et du tissu adipeux : applications dans les filières bovine et ovine. Renc. Rech. Ruminants., 8, 43-48.

DENOYELLE C., JABET S., BERNY F. (1997) Evaluation des possibilités de mesure instrumentale de la couleur de la viande de gros bovins au stade industriel. Compte rendu Institut de l'Elevage, 39 p.

LEGRAS P. (1978) Le jugement de la couleur de la viande de veau. Couleurs, 100, 21-27.

Office National Interprofessionnel du Bétail et des Viandes (ONIBEV). Catalogue de classement E.U.R.O.P.A. (veaux). Application de l'arrêté du 8 juin 1976.

Voir Guide PCM : Pesée - Contrôle – Marquage, rubrique réunissant les textes réglementaires sur le classement des carcasses en abattoirs.

<http://www.ofival.fr/guide-pcm-ext/index.html>

RENERRE M. (1981) La couleur de la viande et sa mesure. Viandes Prod. Carnés, 2(5), 10-16.

RENERRE M., MAZUEL J.P. (1985) Relations entre méthodes de mesures instrumentales et sensorielles de la couleur de la viande. Sci. Aliments, 5(1985), 541-557.

TOURAILLE C. (1979) La dégustation. Une méthode d'évaluation des qualités organoleptiques de la viande. Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix-I.N.R.A., 38, 45-55.

La couleur de la viande bovine

L'ÉVALUATION INSTRUMENTALE DE LA COULEUR

DEUX GRANDS TYPES DE MÉTHODES

Les méthodes d'évaluation non sensorielles de la couleur peuvent être grossièrement dissociées en 2 ensembles :

- les méthodes physico-chimiques,
- les méthodes physiques.

Les principes et la pertinence de ces méthodes diffèrent.

PRINCIPE DES METHODES PHYSICO-CHIMIQUES

Les méthodes physico-chimiques cherchent généralement à **rendre compte de caractéristiques musculaires** plus ou moins directement **liées à la couleur** telle que la perçoit l'œil du professionnel ou du consommateur.

L'objectif est donc de mesurer un ou des paramètres liés à la couleur, mais non la couleur elle-même.

Il s'agit principalement de **dosages** de composés musculaires, par exemple :

- le fer héminique, permettant d'approcher la quantité de myoglobine musculaire,



Deux grands types de méthodes instrumentales se distinguent :

- les dosages physico-chimiques de composés

musculaires,

- la mesure des propriétés colorimétriques du muscle, notamment sa capacité de réflexion de la lumière.

Toutes ces techniques présentent l'avantage d'être objectives. Certaines sont utilisables en routine sur de gros effectifs dans les entreprises d'abattage-transformation. La filière viande dispose ainsi depuis longtemps de pH-mètres permettant d'identifier les viandes à coupe sombre. Plus récemment, une grande avancée a été faite, avec la mise au point d'appareils portatifs permettant de reproduire le classement visuel de la couleur de la viande par un jury d'experts.

- les différentes formes de la myoglobine dans le morceau (états oxygéné, oxydé, réduit),

- l'hémoglobine sanguine et l'hématocrite,

- le pH ultime et le pH en cours de chute dans le muscle (via un pH-mètre, par exemple),

- le glycogène musculaire et le glucose-6-phosphate (l'un des composés issus de la dégradation du glycogène), juste avant la mort (biopsie) ou durant l'acidification du muscle post-mortem,
- les différents types de fibres musculaires,
- le gras intramusculaire (persillé), susceptible d'interférer avec la couleur du maigre lors d'appréciation.

La plupart de ces dosages ne sont réalisables qu'en laboratoire. Quelques-unes font exception à la règle, telles les mesures du pH et de l'hématocrite.

MÉTHODES PHYSIQUES

Les méthodes physiques ont pour objectif de rendre compte de propriétés physiques, en l'occurrence colorimétriques, de la viande. Elles s'intéressent tout particulièrement aux **caractéristiques de réflexion et/ou d'absorption de la lumière** par la viande. Les appareils employés mesurent donc **des rayonnements** lumineux.

La nature de la caractéristique mesurée dépend du type de produit et de l'appareil utilisé :

- pour des produits liquides, il s'agit plutôt de capacités d'absorption, ou densités optiques,
- pour les produits solides, ce sont le plus souvent des réflectances*, donc des pourcentages de lumière réfléchi par le produit.

Dans le cas de mesures sur carcasses ou morceaux de viande :

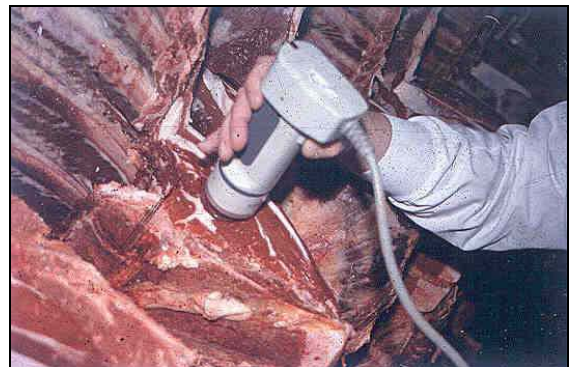
- les appareils les plus fréquemment employés réalisent des mesures de surface (fiches 13 et 14). Il s'agit des colorimètres, spectrophotomètres, spectrocolorimètres et réflectomètres,
- toutefois, certains matériels réalisent des mesures en profondeur du produit et mesurent sa capacité d'absorption.

Différentes fibres optiques, testées sur carcasses, fonctionnent de la sorte.

Il existe d'autres différences dans le **principe de fonctionnement** des appareils de mesure physique de la couleur :

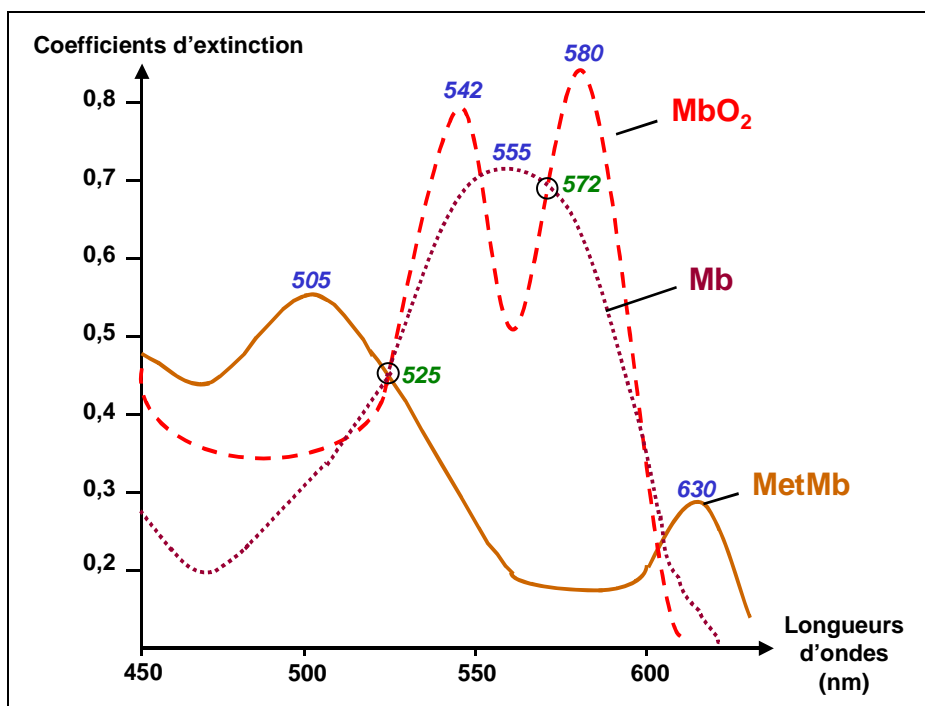
- certains travaillent en lumière blanche, proche de la lumière du jour, tels les colorimètres, dont l'objectif est de mimer ce qui se passe avec le couple œil/cerveau,
- d'autres fonctionnent avec une ou quelques longueurs d'onde judicieusement choisies, compte tenu des caractéristiques du produit étudié. C'est le cas notamment de certaines fibres optiques ou encore des réflectomètres. Ces matériels n'apportent donc, *a priori*, que des informations partielles sur la couleur du produit,
- d'autres encore travaillent avec toutes les longueurs d'ondes* du visible (successivement), à l'instar des spectrophotomètres et, dans une moindre mesure, des spectrocolorimètres.

Mesure instrumentale de la couleur à la coupe de gros



Les longueurs d'onde les plus intéressantes dans le cas de la viande, sont notamment celles qui correspondent à des pics d'absorption de l'une ou l'autre des 3 formes de la myoglobine, notamment : 505 nm, 542 nm, 555 nm, 580 nm et 630 nm (fig.1).

Figure 1 : Les 3 spectres d'absorption caractérisant les 3 états de la myoglobine : oxygénée (MbO₂), réduite (Mb) et oxydée (MetMb)



D'autres longueurs d'onde correspondent à des points de croisement des spectres d'absorption des 3 formes du pigment, par exemple : 525 nm, 572 nm.

Ces longueurs d'onde particulières entrent dans la mise au point d'indicateurs physico-chimiques intéressants de la couleur de la viande. Par exemple, la réflectance à 525 nm présente un lien avec la teneur en fer héminique de la viande...

AVANTAGES DES MÉTHODES INSTRUMENTALES

Pour permettre une prise de recul sur le sujet, l'encadré et la figure 2 ci-après évoquent **les qualités dont devrait disposer une méthode de mesure parfaite**.

A cet égard, les méthodes instrumentales présentent l'énorme avantage d'être **objectives**, donc répétables* et reproductibles*, ce qui limite notamment les contestations et/ou réclamations.

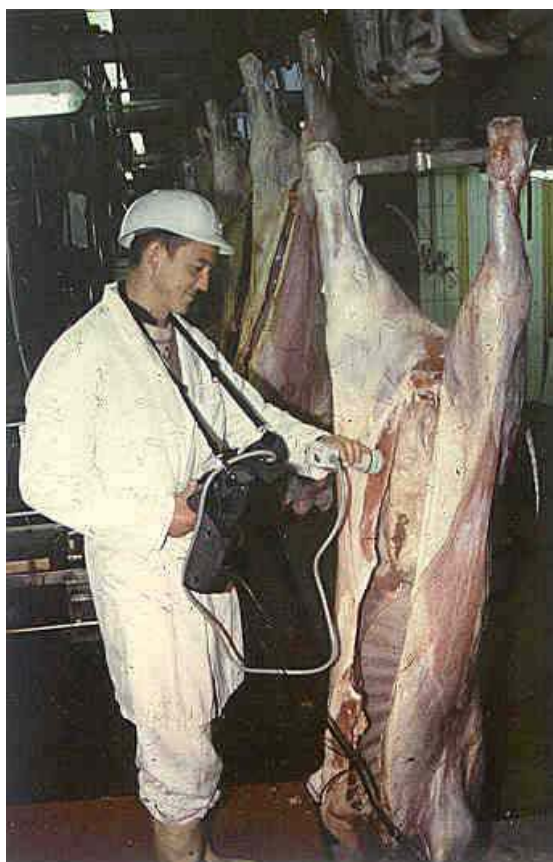
Cette objectivité est particulièrement recherchée dans certains contextes :

- lorsque l'évaluation de la couleur est prise en compte dans les transactions commerciales, tel le classement du veau de boucherie en fin de chaîne d'abattage,
- lorsque les démarches qualité mettent en avant la couleur du produit,
- lors d'études destinées à faire avancer les connaissances sur la couleur de la viande (expérimentations, enquêtes épidémiologiques...).

C'est la raison pour laquelle, l'Institut de l'Élevage travaille depuis les années 90, à l'adaptation de certaines mesures instrumentales de la couleur de la viande aux contraintes d'utilisation de terrain. Ces travaux montrent qu'il est possible de déterminer objectivement, par voie instrumentale (appareils de mesure physique), la couleur de la carcasse, en site industriel, tant pour les gros bovins que pour les veaux de boucherie (fiche 13).

Ceci représente une grande avancée et mérite d'être souligné. En effet, dans le milieu de la viande, force est de constater que très peu de critères de qualité sont mesurables selon des méthodes fiables, utilisables en routine sur de gros effectifs. La couleur de la viande est l'un des rares paramètres, sur lesquels **des avancées significatives** aient été dans les dernières années.

De récents progrès sur la mesure instrumentale de la couleur de la viande en site industriel



Les appareils de mesure physiques testés dans ces travaux présentent l'avantage d'être **portatifs, facilement manipulables** et **résistants** aux conditions d'ambiance difficiles des salles de tuerie et des frigos de stockage, donc aisément utilisables en site industriel. Il en est de même des pH-mètres, outils de mesure physico-chimiques, utilisés quotidiennement dans les entreprises depuis de nombreuses années maintenant.

INCONVÉNIENTS DES MÉTHODES INSTRUMENTALES

Les méthodes instrumentales ne sont néanmoins pas sans **défaut**.

Bon nombre d'entre elles sont des méthodes **indirectes**, ne mesurant que des **indicateurs** de la couleur. Or, il n'est pas toujours facile de juger de la **pertinence** de ces indicateurs. Il en est d'ailleurs de même, quand on utilise les résultats de méthodes directes de manière seulement partielle. C'est par exemple le cas, lorsque l'on exploite un seul des 3 paramètres permettant de repérer la couleur dans un espace tridimensionnel (fiche 13) : seule la prise en compte de l'ensemble des 3 paramètres obtenus rend réellement compte de la couleur étudiée ; chacun des paramètres mesurés, pris individuellement, n'apporte qu'une information partielle, juste indicatrice de la couleur...

La pertinence d'une méthode de mesure indirecte est classiquement approchée par le calcul du **pouvoir prédictif*** de l'indicateur mesuré. Appelé coefficient de détermination* et symbolisé R^2 , c'est un nombre compris entre 0 et 1 qui traduit le lien entre l'indicateur mesuré et le paramètre qualitatif étudié (ici la couleur de la viande). Plus ce coefficient est grand et se rapproche de 1, plus les variations de l'indicateur expliquent une forte part des variations de la couleur, et plus l'indicateur est pertinent.

Dans ce contexte, il est **indispensable de rapprocher les résultats obtenus par les méthodes instrumentales des évaluations sensorielles réalisées**, du moins si cela s'avère possible.

Ce principe a prévalu lors des travaux évoqués sur l'objectivation de la mesure de la couleur des carcasses en entreprise.

Qu'il s'agisse de la couleur de la viande de veau en fin de chaîne d'abattage, de celle des gros bovins à la coupe de gros ou de la couleur du gras sous-cutané des carcasses d'agneaux dans la filière ovine, l'objectif a toujours été de reproduire de manière instrumentale une évaluation sensorielle optimale, c'est à dire réalisée par un groupe d'experts. Ce rapprochement entre les données instrumentales et visuelles permet de rester dans le domaine des perceptions humaines, l'homme étant le destinataire final du produit.

Autres limites des méthodes instrumentales : les protocoles opératoires ne sont pas forcément identiques de par le monde, notamment entre équipes de chercheurs. Les chiffres avancés ne sont donc **pas toujours comparables**.

De plus, les mesures instrumentales sont très souvent **destructives**. C'est en particulier le cas de nombreuses mesures physico-chimiques, de ce fait souvent confinées au domaine de la recherche.

Enfin, contrairement à l'évaluation sensorielle, les méthodes instrumentales conduisent généralement à des **résultats ponctuels** : les mesures portent sur un échantillon précis, partie bien délimitée du produit, et les résultats sont extrapolés à l'ensemble de ce produit. Il en découle que toute mesure instrumentale garde **une composante subjective** : le choix des sites et/ou échantillons de mesure sur le produit. Celui-ci se fait le plus souvent à l'œil et peut influencer grandement le résultat final. Quelques exemples en la matière :

- l'évaluation de la couleur d'une viande fortement marbrée* et/ou persillée ne donne pas le même résultat selon que l'opérateur prend ou non en compte les veines de gras,

- la mesure de l'altération de la couleur d'une viande dont la dégradation n'est pas homogène implique d'identifier les sites de mesure permettant l'évaluation de l'altération moyenne du morceau...

Sources :

RENERRE M. (1981) La couleur de la viande et sa mesure. Viandes Prod. Carnés, 2(5), 10-16.

RENERRE M. (1984) Variabilité entre muscles et entre animaux de la stabilité de la couleur des viandes bovines. Sci. Aliments, 4, 567-584.

Les propriétés d'une méthode de mesure « idéale »

Pertinence :

- méthode directe : qui mesure directement le critère de qualité concerné, à l'opposé d'une méthode mesurant une autre caractéristique, utilisée comme indicateur (méthode indirecte),
- précise : c'est à dire répétable, reproductible, juste et sensible (fig. 2),

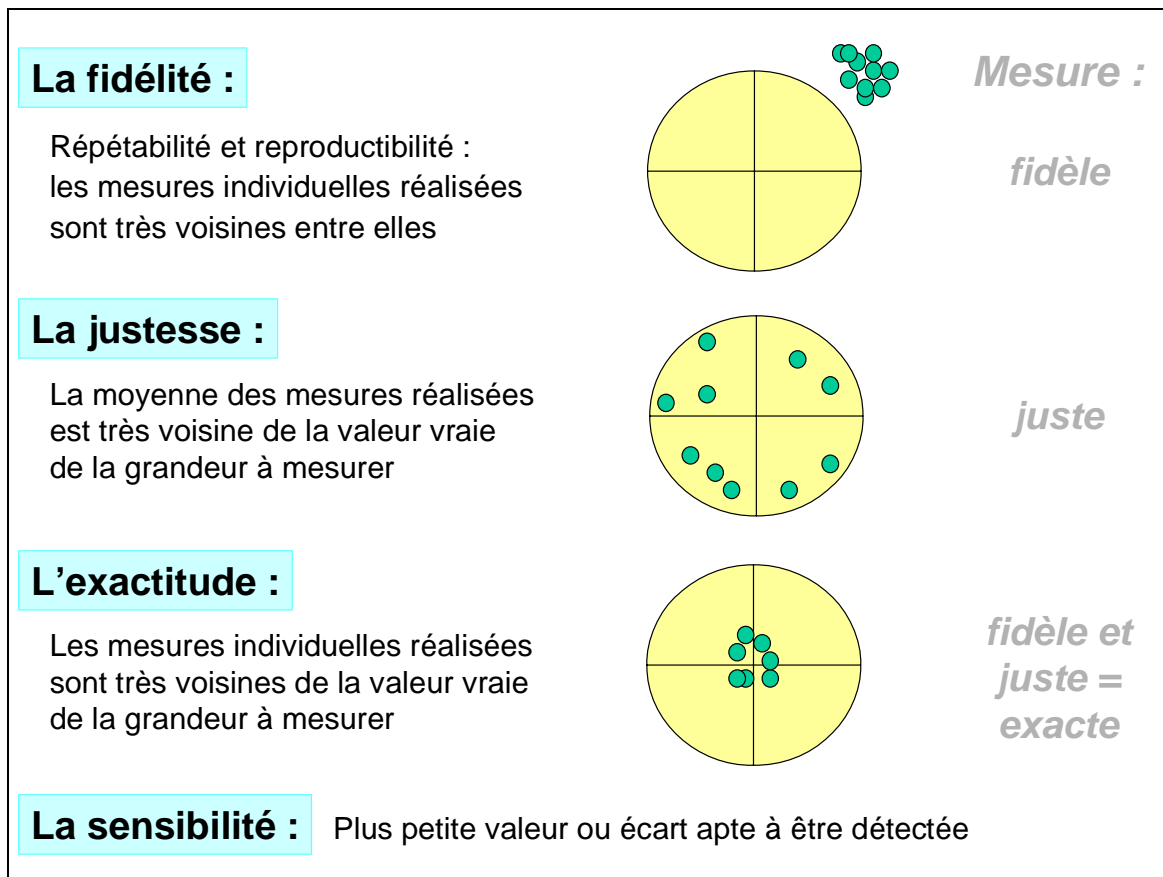
Conditions de mise en œuvre :

- à très court délai de réponse,
- utilisable sur le terrain,
- facile à mettre en œuvre,
- non destructive,
- applicable sur du grand nombre,
- peu coûteuse : mise en œuvre, prélèvement éventuel de viande, nombre d'animaux concernés...

Facilité d'interprétation :

- absolue : possibilité d'accorder une signification individuelle au résultat ; à l'opposé, un résultat relatif n'a de sens que dans son positionnement par rapport à un autre résultat,
- traduisible en termes concrets, aisément compréhensibles par les professionnels.

Figure 2 : Les qualités d'un instrument de mesure



La couleur de la viande bovine

QUELQUES MESURES PHYSICO-CHIMIQUES

DÉFINITION

Plusieurs mesures, dont certaines couramment employées, approchent de manière indirecte la couleur de la viande. Il s'agit de méthodes mesurant **une caractéristique de la viande liée à la couleur** et utilisée comme **indicateur** de celle-ci, généralement dans un contexte précis.

MESURES DE L'ACIDIFICATION DE LA VIANDE

Ces mesures apprécient le degré et/ou la vitesse d'acidification du muscle : pH ultime et/ou vitesse de chute du pH.

Elles peuvent être :

- directement effectuées dans le muscle, sur carcasse ou quartier,
- réalisées après prélèvement musculaire.

Mesure « classique » du pH ultime

La mesure du pH ultime du muscle, une fois l'acidification achevée, est généralement **simple** de mise en œuvre et **non destructive**.

Elle se fait à l'aide d'un **pH-mètre**, petit appareil **portatif**.



Les mesure physico-chimiques, souvent simples et peu coûteuses, apportent des informations très

pertinentes dans certains contextes, mais partielles quant à la couleur de la viande. De fait, elles ne s'intéressent qu'à l'une ou l'autre des composantes de la couleur : acidification du muscle, pigmentation, altérations de couleur.... Le pH-mètre est couramment utilisé en entreprise pour détecter les problèmes de viande à coupe sombre. Des techniques de mesure du pH ultime en fin de chaîne d'abattage sont disponibles au besoin.

Les dosages de l'hémoglobine et de l'hématocrite apprécient le niveau d'anémie des veaux de boucherie au cours de l'engraissement. Ceci permet d'éviter les dérives de couleur, sans pouvoir prédire de manière fiable la coloration de la carcasse.

Il comporte une électrode que l'on introduit dans le muscle à une profondeur d'environ 3 cm. La valeur du pH est obtenue instantanément par lecture directe sur une échelle de 1 (très acide) à 14 (très basique).

Il est indispensable d'effectuer deux mesures par muscle (en lisant la valeur 2 à 3 secondes après avoir introduit l'électrode dans le muscle) et d'en faire la moyenne. L'écart maximal entre les deux mesures doit être au plus égal à 0,15 unités pH (la précision d'un pH-mètre est de l'ordre de 0,03 unité).

La technique est rapide et précise, le matériel financièrement abordable, mais relativement fragile, notamment l'électrode de verre, qui doit être nettoyée après chaque série de mesures. La fiabilité du résultat dépend étroitement de la rigueur avec laquelle l'appareil est utilisé et entretenu. Le réglage de la température d'utilisation et la réalisation de l'étalonnage sont très importants.

**pH-mètre avec
sonde température (à gauche) et
électrode de verre (à droite)**



La figure 1 précise les sites de mesure pour les gros bovins.

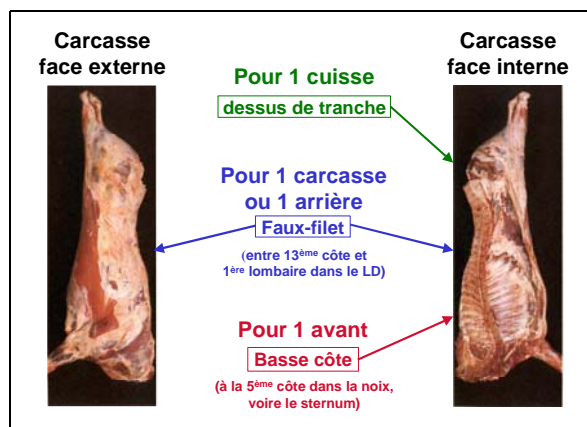
La mesure de pH doit être effectuée au moins 18 à 24 heures après la mort, pour obtenir une bonne approximation du pH ultime (définitivement fixé 48 heures *post mortem*). Avant ce délai, on risque de considérer des carcasses « normales » comme à pH élevé.

Si la carcasse subit une stimulation électrique efficace en début de chaîne d'abattage, la chute de pH est plus rapide et la mesure du pH peut être effectuée 10 heures après l'abattage. Il est même possible de procéder en 2 temps :

- un premier tri des carcasses 6 heures après la mort permet de détecter environ 95% de celles dont le pH ultime sera inférieur à 6,0,

- les carcasses douteuses (pH supérieur à 6,0 à 6 h) font l'objet d'une seconde mesure 4 heures plus tard.

Figure 1 : Sites de mesure du pH sur carcasse et/ou quartier de gros bovins



Toutes les **consignes d'utilisation et d'entretien** d'un pH-mètre figurent en annexes B et C de **la norme NF V 46-001** sur les conditions de valorisation du potentiel de tendreté des viandes de gros bovins.

De fait, ce type de mesure est très classiquement mis en œuvre dans les entreprises viande. Il s'agit d'une information de base, permettant de savoir si le produit est correctement acidifié ou non, afin :

- de pouvoir l'orienter vers un circuit de traitement adapté, en entreprise,
- d'identifier l'origine éventuelle d'un problème et de tenter d'y remédier (fiche 4).

Dans un contexte de recherche, l'information sur le pH ultime permet d'identifier d'éventuels biais dus à un problème d'acidification.

Pour des produits normalement acidifiés, l'intérêt du pH ultime comme indicateur de la couleur de la viande, est beaucoup moins net. Il manque sans doute encore de recul sur le sujet.

Détection précoce du pH ultime

Compte tenu de l'importance économique du problème des viandes à coupe sombre dans la filière bovine et de la nécessité d'attendre plusieurs heures après la mort pour identifier les carcasses à problème, des travaux ont été réalisés il y a quelques années sur la fiabilité d'une détection précoce du pH ultime en entreprise.

3 méthodes connues pour provoquer une chute extrêmement rapide du pH ont été testées :

- l'addition d'ions Ca et Mg,
- l'addition d'un tensioactif « TRITON X-100 »,
- la congélation puis la décongélation, ceci sur un petit échantillon de viande prélevé sur la carcasse (quelques grammes).

Les 3 techniques offrent de réelles aptitudes à détecter très rapidement le pH ultime : 95% des carcasses testées ont été correctement réparties par ces méthodes entre les deux lots : « normalement acidifié » ou « à coupe sombre ». Toutefois, seules les 2 premières techniques semblent compatibles avec une utilisation routinière en abattoir. Le pH ultime se mesure 10 minutes plus tard, soit dès le stade de la pesée fiscale.

Les conditions de mise en œuvre de ces techniques précoces ont été étudiées, en vue d'une possible automatisation sur ligne d'abattage, si la filière bovine en ressentait le besoin.

Mesure de la vitesse de chute du pH

Les mesures relatives à la chute de pH musculaire sont plus délicates à réaliser avec un pH-mètre, car le pH est alors en pleine évolution.

Si les 2 mesures successives faites dans un même muscle donnent des valeurs trop écartées, le degré de fiabilité du résultat est faible.

Ces mesures sont rarement effectuées en entreprises d'abattage de bovins. Leur intérêt est plutôt scientifique, dans un but explicatif de différences de couleurs observées, plutôt sur de jeunes animaux (veaux) que sur des adultes. Les délais de mesure alors retenus sont variables : 45 minutes, 4 heures, 10 heures *post mortem* (encadré)...

Dans un tel contexte, une méthode beaucoup plus précise est parfois retenue. Elle est néanmoins destructive et lourde à mettre en œuvre, car elle nécessite le prélèvement de quelques grammes de muscle, leur broyage dans une solution spécifique, avant de pouvoir effectuer la mesure du pH du mélange ainsi constitué, à l'aide d'un pH-mètre.

La mesure de pH₁ chez les porcs

La mesure du pH dans les 20 à 45 minutes après la mort, qualifiée de pH₁, par opposition au pH₂₄ ou pH ultime, est classique en viande porcine. Elle permet de détecter les viandes exsudatives ou P.S.E., pour lesquelles la chute de pH est anormalement rapide. Elle est souvent réalisée sur la chaîne d'abattage, après la pesée et avant l'entrée en ressuage de la carcasse. Il est recommandé d'effectuer la mesure à l'aide d'un pH-mètre dans le muscle long dorsal de la longe.

Les normes admises pour la détection des viandes P.S.E. sont les suivantes :

| Délai anesthésie - Mesure de pH | Viande P.S.E. |
|------------------------------------|-----------------------|
| 20-25 minutes | pH ₁ ≤ 6,0 |
| 30 minutes | pH ₁ ≤ 5,9 |
| 45 minutes | pH ₁ ≤ 5,8 |

DOSAGE DU GLYCOGÈNE, DE L'ACIDE LACTIQUE...

Principe du dosage

Ce dosage a pour but d'estimer le niveau des réserves énergétique du muscle avant la mort (encore appelé potentiel glycolytique* du muscle).

Conditions de préparation et de réalisation

Des échantillons de muscle sont prélevés (environ 10 g) par carottage le plus vite possible après la mort, par exemple juste après la pesée fiscale. Ils sont rapidement congelés dans l'azote liquide, puis analysés, afin de quantifier les teneurs en glycogène et en acide lactique du muscle, ainsi qu'en différents composés intermédiaires.

Une formule permet ensuite de calculer le potentiel glycolytique du muscle (en μmol d'acide lactique/g de muscle frais).

Ce type d'analyse est bien sûr réservé aux travaux de recherche.

DOSAGES DE L'HÉMOGLOBINE ET DE L'HÉMATOCRITE

Principe des mesures

L'hémoglobine et l'hématocrite sont deux paramètres sanguins permettant d'apprécier le niveau d'anémie des veaux de boucherie en cours d'élevage.

Ils sont utilisés pour « piloter » à vue l'alimentation des veaux. De par leur lien avec la couleur finale du produit, ils permettent de détecter, dans une certaine mesure, dès le début de la phase d'engraissement, quels sont les veaux qui ont le moins de chance de produire une viande claire.

L'hémoglobine est le pigment responsable de la couleur rouge du sang.

Il se situe au sein des globules rouges. Le dosage consiste à mesurer le pourcentage d'hémoglobine dans le sang, en volume.

L'hématocrite correspond au pourcentage d'éléments figurés (globules rouges, plaquettes) dans le sang, en volume.

Conditions de réalisation

Ces deux mesures nécessitent un prélèvement sanguin à la jugulaire de l'animal vivant.

Le dosage de **l'hémoglobine** s'effectue en laboratoire. Il nécessite un appareillage lourd et un acheminement des échantillons sanguins. Du sang est prélevé sur l'animal, envoyé le jour même au laboratoire ; les résultats sont disponibles le lendemain.

En revanche, **l'hématocrite** est obtenue par une méthode simple, rapide, immédiate et peu coûteuse. L'échantillon sanguin est traité sur place, directement en élevage.

Pouvoir prédicteur

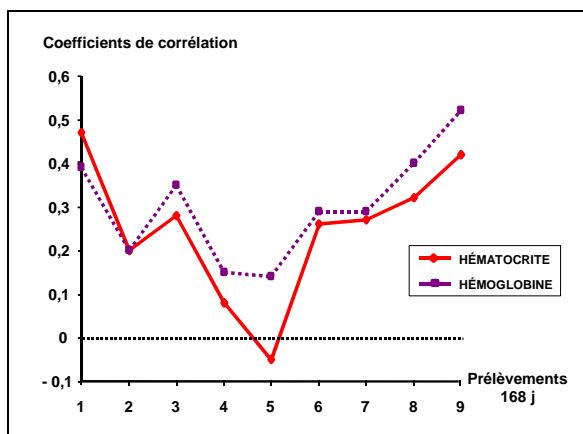
Il est connu de longue date que la pigmentation musculaire d'un individu est influencée par son hématocrite à la naissance. La valeur de l'hématocrite est liée à l'importance des réserves de fer accumulées dans le foie au cours de la gestation. Elle serait liée à des **facteurs génétiques**. Il existe, en effet, une relation significative entre l'hématocrite du veau de 8 jours et l'hématocrite maternel.

Une étude ancienne sur l'hématocrite de plus de 1250 vaches d'âges compris entre 4 et 12 ans, de races et de régions d'élevage différentes, montre que si la race et les conditions de milieu influencent l'hématocrite, les différences individuelles entre animaux sont la principale cause de variabilité de l'hématocrite. Cette variabilité est probablement d'origine génétique.

Chez les veaux, l'hémoglobine et l'hématocrite évoluent de façon similaire au cours de la période d'engraissement. Ces deux variables sont surtout bien corrélées entre elles (corrélation supérieure à 0,80) en début d'engraissement et juste avant l'abattage (fig. 2).

Ce serait l'hématocrite qui réagirait le plus rapidement au régime anémiant, avec une première phase de diminution du volume des globules rouges, sans modification de leur nombre ni de leur teneur en hémoglobine. Par la suite, l'hémoglobine diminuerait plus vite que le volume des globules rouges.

Figure 2 : Evolution au cours de l'engraissement des veaux des coefficients de corrélation hématocrite/couleur et hémoglobine/couleur



La couleur de la viande à l'abattoir **n'est que partiellement expliquée** par l'hémoglobine ou l'hématocrite : ces paramètres rendent approximativement compte du **quart des variations** de la couleur (fig. 3).

Des travaux ont été réalisés sur des veaux de 168 jours soumis à un prélèvement sanguin toutes les 3 semaines. Ils montrent que les valeurs initiales (à l'arrivée des veaux en élevage) et les valeurs finales (la veille de la tuerie) sont celles qui expliquent le mieux la couleur des carcasses.

S'il existe bien un lien entre la couleur de la viande et les valeurs d'hémoglobine et d'hématocrite,

Figure 3 : Liens de l'hémoglobine et de l'hématocrite avec la couleur de viande

| Mesure | r Corrélation avec la couleur | R ² Pouvoir prédicteur de la couleur |
|-------------|-------------------------------------|--|
| Hémoglobine | -0,05 à 0,55 | Max = 0,30 |
| Hématocrite | 0,15 à 0,45 | Max = 0,20 |

celui-ci n'est toutefois **pas suffisant pour permettre de prédire** convenablement la couleur.

Ainsi est-il possible de trouver toutes les classes de couleur de viande à l'abattoir (grille officielle, fiche 10), que l'hématocrite des veaux soit de 21 ou supérieur à 28 (fig. 4)...

Ces paramètres sont davantage intéressants pour le suivi et la conduite de l'engraissement, afin de limiter les carcasses rouges.

DOSAGE DU FER HÉMINIQUE

Principe du dosage

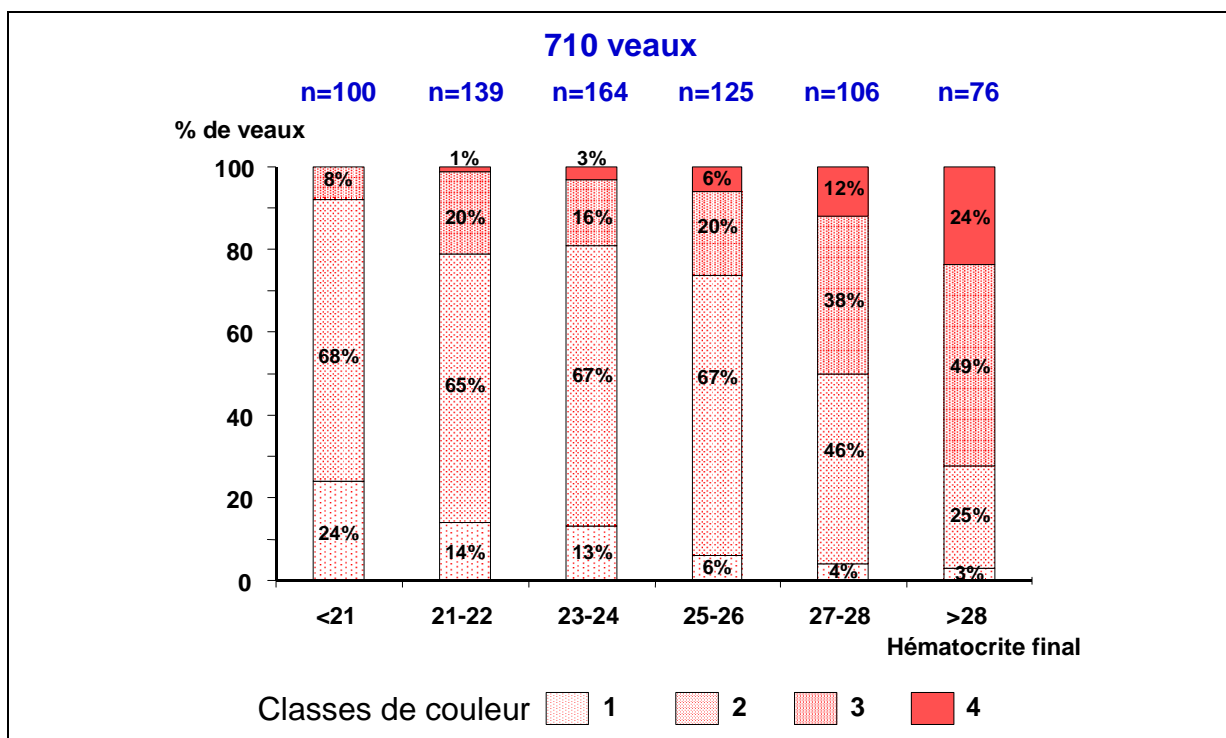
Ce dosage mesure **la teneur en hème** du muscle, qui permet d'estimer celle des pigments héminiques totaux. Ces derniers étant constitués à 90% de myoglobine, le fer héminique total est donc assimilé à la myoglobine.

Conditions de préparation et de réalisation

La méthode nécessite un prélèvement initial de viande relativement important (de l'ordre de 200 g, par exemple) et jugé représentatif du muscle et/ ou de la carcasse. La viande est broyée et mélangée à différentes solutions, afin d'extraire les pigments musculaires présents.

Une fois ceux-ci en solution, la densité optique de la solution, ou encore la quantité de lumière que celle-ci absorbe, est lue au spectrophotomètre (fiche 14). Le résultat est exprimé en µg de fer héminique par g de tissu frais.

Figure 4 : Répartition de la couleur de carcasses de veau selon l'hématocrite final



Deux analyses sont effectuées, dont on retient la moyenne, sauf si les valeurs sont trop écartées, auquel cas les analyses sont reconduites. La méthode de dosage de référence est celle décrite par HORNSEY en 1956. Le coût d'un dosage est **peu onéreux**, exception faite des dépréciations et/ou coûts liés au prélèvement de matière première.

Pouvoir prédictif*

En viande de bœuf (et de porc), la teneur en pigment contribue à la note de couleur visuelle, mais n'en **n'est pas l'élément le plus déterminant** chez l'adulte. En effet, la pigmentation d'un animal adulte **évolue peu**. La mesure de la teneur en pigment musculaire est, en revanche, plus pertinente sur animaux en cours de croissance. C'est un bon critère d'appréciation de l'âge physiologique de l'animal.

En viande de veau, la couleur dépendrait à **plus de 60%** de la teneur en pigment.

L'exemple ci-après illustre le genre de résultat observé : sur la bavette de flanchet de 367 veaux de boucherie, la

corrélation entre le fer héminique et le jugement visuel de couleur par un groupe d'experts est de 0,76, soit un pouvoir prédictif R^2 de 0,58.

Ces bons résultats s'expliquent probablement par le fait que le veau de boucherie est un très jeune animal, chez qui les muscles sont en cours de pigmentation, celle-ci étant relativement lente car les apports alimentaires en fer sont limités (dans les limites réglementaires).

TYPAGE DES FIBRES MUSCULAIRES

Il s'agit d'estimer les proportions respectives de fibres rouges et de fibres blanches d'un muscle, pour approcher sa couleur.

L'analyse est plutôt **sophistiquée** et nécessite environ 10 g de muscle ; elle est donc destructrice.

Pour ces raisons et compte tenu de la nature de l'information apportée, ce type de contrôle est réservé à un **contexte de recherche**.

AVANTAGES DES MESURES PHYSICO-CHIMIQUES

La plupart des techniques précédemment évoquées présentent l'avantage d'être simples de mise en œuvre, peu coûteuses et **bien rôdées**. Elles apportent des informations intéressantes, dans certains contextes bien précis, par exemple :

- écarts d'intensité de pigmentation de viandes fraîches de différents animaux,
- identification ou confirmation d'un problème de viande à pH élevé,
- pilotage de l'alimentation des veaux dans l'espoir de limiter les colorations trop soutenues à l'abattage...

INCONVÉNIENTS DES MESURES PHYSICO-CHIMIQUES

Toutes ces méthodes ont cependant l'inconvénient de **ne pas approcher de manière directe** la couleur de la viande. S'intéressant exclusivement à l'une ou l'autre des composantes de la couleur, elles sont par définition imparfaites : elles n'apportent qu'une information incomplète, partielle sur la couleur du produit.

Sources :

AFNOR (1996) Norme française NF V 46-001. Viandes de gros bovins. Conditions de valorisation du potentiel de tendreté.

ANONYME. La mesure du pH dans la viande de porc. ITP, Paris.

ANONYME. Liaisons hémocrite – hémoglobine – couleur des carcasses. Institut de l'Élevage, Le Rheu.

ANONYME (1888) Le chemin de la qualité passe par vous. Institut de l'Élevage, Villers-Bocage ; INTERBEV, Paris.

CARPENTIER J., BONHOMME D. (1968) Facteurs de variation de l'hématocrite des bovins. II. Hématocrite des femelles adultes. Ann. Zootech., 17(3), 327-335.

HORNSEY H.C. (1956) The color of cooked cured pork. I. Estimation of the nitrite oxide-haem pigments. J. Sci. Food Agric., 7, 534-540.

JABET S. (1993) Evaluation des possibilités de détection précoce du pH ultime de carcasses de bovins. Compte rendu d'étude Interbev 92. Institut de l'Élevage, INTERBEV, Paris.

LEROUX E., MORAND J. (1987) La détection précoce des viandes à pH élevés. Institut de l'Élevage, INTERBEV, Paris.

MONIN G., SELIER P. (1985) Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate postmortem period: the case of Hampshire breed. Meat Sci., 13, 49.

RENAND G., HAVY A., TURIN F. (2002) Caractérisation des aptitudes bouchères et qualités de la viande de trios systèmes de production de viande bovine à partir des races rustiques françaises Salers, Aubrac et Gasconne. INRA Prod. Anim., 15(3), 171-183.

RENERE M., LEGRAS P. (1983) Méthodes d'appréciation de la couleur de la viande de veau. Viandes Prod. Carnés, n°spécial, 86-87.

TRIBOT-LASPIERE P. (1996) Les possibilités d'automatisation du contrôle du pH ultime des carcasses de bovins dès la fin de la chaîne d'abattage. Programme INTERBEV 1995. Institut de l'Élevage, INTERBEV, Paris.

La couleur de la viande bovine

LES COLORIMÈTRES

PRINCIPE DE BASE

La colorimétrie* est basée sur le constat selon lequel toute couleur peut être reproduite à partir d'un mélange de 3 couleurs dites primaires. C'est le **principe de la trivariance visuelle***, qui traduit le fait que les cônes* qui tapissent le fond de l'œil humain sont sensibles aux 3 couleurs que sont le bleu, le rouge et le vert (attention, en imprimerie, les couleurs utilisées sont le bleu, le rouge et le jaune).

Il découle de ce principe, que toute couleur peut être repérée à l'aide de **3 paramètres indépendants** : elle possède une position unique, qui lui est propre, dans un espace à 3 dimensions.

Il existe différents systèmes de repérage des couleurs, donc différents **espaces colorimétriques***, ayant des propriétés spécifiques. Ces espaces découlent généralement les uns des autres par des transformations mathématiques. Par ces dernières, on cherche notamment à obtenir une plus grande **uniformité** de l'espace colorimétrique* : des écarts de couleur jugés égaux par des observateurs humains doivent se traduire par des différences similaires dans les espaces considérés...

A partir des coordonnées d'une couleur dans un espace donné, il est possible de calculer les coordonnées de la couleur dans n'importe quel autre espace colorimétrique.



Selon le principe de base de la colorimétrie, l'ensemble des couleurs peut être représenté sous la forme d'un espace colorimétrique à 3 dimensions, où chaque couleur est définie par 3 paramètres indépendants. Il existe différents espaces colorimétriques, le plus utilisé dans le milieu de la viande étant le système CIELAB. Il définit la couleur par la luminance (L^*), l'indice de rouge (a^*) et l'indice de jaune (b^*). Dans un souci de lisibilité, des travaux ont permis de calculer, à partir des 3 valeurs fournies par un colorimètre, la note de classement visuel. La filière viande dispose donc actuellement d'un appareil de mesure précis et fiable, en conditions expérimentales. Le dernier colorimètre de Minolta est en cours de test, ainsi qu'un nouveau réflectomètre de Normaclass, pour étudier leurs performances en conditions réelles et voir si la mesure instrumentale de la couleur des carcasses de veau est envisageable en routine.

DIFFÉRENTS ESPACES COLORIMÉTRIQUES

Un espace colorimétrique est donc un espace à 3 dimensions, permettant de repérer l'ensemble des couleurs existantes.

Il n'entre pas dans la vocation de ce document de détailler tous les espaces couleur existants, mais de présenter rapidement quelques-uns des plus utilisés. Il s'agit de permettre au lecteur de se repérer, parmi le très grand nombre de coordonnées couleur employées et/ou évoquées dans différentes publications, et/ou sur certains supports (plaques de calibration...).

En 1931, la C.I.E.* (Commission Internationale de l'Eclairage) définit un système où toute couleur est caractérisée :

- soit par les composantes trichromatiques* XYZ, utiles pour définir la couleur mais difficiles à visualiser,
- soit par la luminosité Y et les coordonnées trichromatiques (ou de chromaticité) x et y, qui définissent l'espace colorimétrique associé. Chaque couleur représentée par ses 3 valeurs x, y et Y a une position unique dans cet espace.

Le système CIE 1931 ne possédant pas de caractéristiques d'uniformité (concernant les écarts de couleur – voir page précédente), on utilise plutôt aujourd'hui, les espaces couleur suivants.

Le système Hunter Lab (fig. 1)

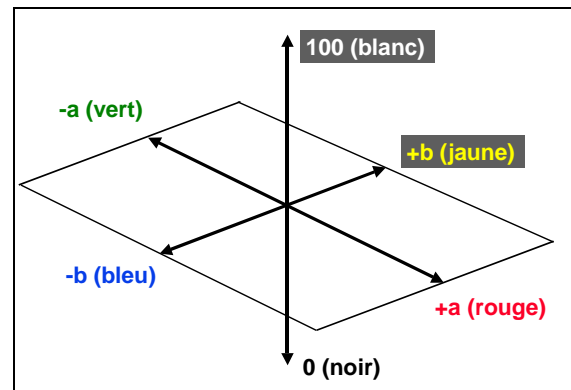
La couleur y est définie par :

- la luminosité (L_H),
- les coordonnées de chromaticité : l'indice de rouge a_H et l'indice de jaune b_H .

L'indice a_H va du rouge (indice positif maximal) au vert, la couleur complémentaire* (indice négatif maximal).

L'indice b_H va du jaune (indice positif maximal) au bleu, la couleur complémentaire* (indice négatif maximal).

Figure 1 : Repérage des couleurs selon le système Hunter Lab



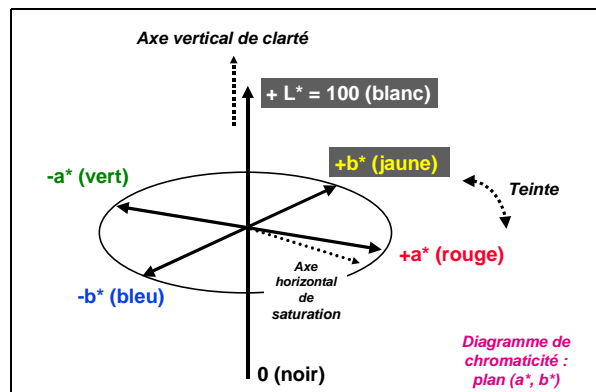
Le système CIE 1976 (L^*, a^*, b^*), ou CIELAB (fig. 2)

La couleur est définie par :

- la clarté ou luminance L^* (qui va de 0 à 100),
- les coordonnées de chromaticité : l'indice de rouge a^* (de +60 à -60) et l'indice de jaune b^* (de +60 à -60).

En viande, c'est sans doute l'espace colorimétrique **le plus employé**, du moins en France.

Figure 2 : Repérage des couleurs selon le système $L^*a^*b^*$



Le système L*C*h (fig. 3)

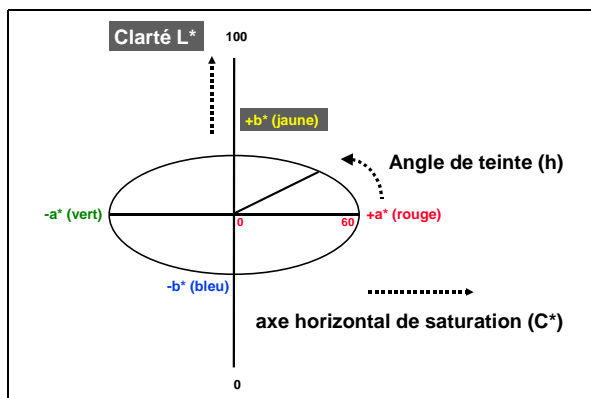
La couleur est définie par :

- la clarté L^* (la même que dans l'espace $L^*a^*b^*$),
- les coordonnées de chromaticité : la saturation C^* et l'angle de teinte h .

Ce système présente le même diagramme de chromaticité que le précédent, mais avec des coordonnées polaires et non cartésiennes :

- C^* part de 0 au centre du diagramme et augmente vers la périphérie,
- h part de l'axe $+a^*$ et est exprimé en degrés : un angle 0 correspond à $+a^*$ = rouge, un angle de 90° à $+b^*$ = jaune.

Figure 3 : Repérage des couleurs selon le système L*C*h



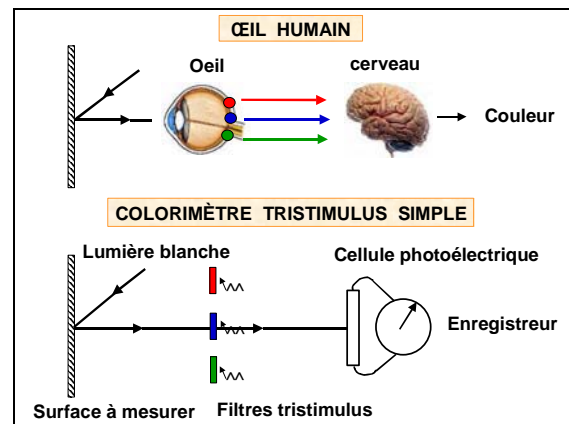
FONCTIONNEMENT D'UN COLORIMÈTRE

Entre l'échantillon et le système de mesure on intercale 3 filtres, dont les spectres de transmission sont très proches de ceux des 3 couleurs primaires (bleu, rouge et vert). L'échantillon est éclairé en lumière blanche. La lumière réfléchie par le produit passe au travers des filtres et l'on mesure les 3 intensités lumineuses transmises par l'échantillon.

Le fonctionnement du colorimètre est calqué sur celui de l'œil et du cerveau (fig. 4). Il s'agit d'un matériel dont le principe de fonctionnement est très différent de celui des autres :

spectrophotomètres, réflectomètres, fibres optiques (fiche 14)...

Figure 4 : Le colorimètre cherche à reproduire la vision de l'œil



AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Les avantages des colorimètres résident dans le fait qu'il s'agit de matériels **portatifs**, relativement **robustes** (bien qu'il s'agisse d'appareils de laboratoire), d'un **prix abordable** et que la mesure n'est pas nécessairement destructive : elle peut se faire directement sur carcasse, par exemple. Tout ceci fait du colorimètre un matériel potentiellement **utilisable en routine** sur site industriel d'abattage/transformation. C'est la raison pour laquelle les filières viande s'y sont intéressées.

Les colorimètres employés en France, ainsi que dans de nombreux pays étrangers, sont de marque Minolta ; ils sont appelés chromamètres. Plusieurs générations de matériels se sont succédées.

Jusqu'à très récemment, les deux principaux colorimètres utilisés, à des fins principalement expérimentales, étaient :

- le chromamètre CR-300 sur viande de gros bovins,
- le chromamètre CR-310 sur viande de veau et sur carcasses d'agneaux.

Ces deux appareils sont utilisables sur tous types de viandes. Néanmoins, les travaux menés dans les dernières années ont montré que chaque modèle semblait plus ou moins adapté selon le type de viande considéré : chacun a effectivement ses avantages et inconvénients, dans un contexte donné (fiche 15).

Les deux modèles sont conçus de la même manière : un calculateur raccordé par un cordon à une tête de lecture de diamètre variable : 50 mm pour le CR-310 et 8 mm pour le CR-300.

Le CR-410, dernière génération de chromamètre en cours de test sur viande de veau, est l'équivalent du CR-310, si ce n'est que le calculateur est directement associé à la tête de lecture.

Deux colorimètres utilisés sur viandes : de gauche à droite, les chromamètres CR-300 et CR-310, qui diffèrent par leur tête de lecture (même calculateur)



Le principal inconvénient des colorimètres est qu'ils fournissent **3 valeurs**, c'est à dire les coordonnées de la couleur mesurée dans l'espace colorimétrique choisi. L'obtention de 3 données rend l'interprétation globale des résultats difficile, de même que leur rapprochement avec les systèmes d'appréciation sensoriels existants : classement officiel ou toute autre note d'appréciation visuelle.

De fait, pour deux produits de couleur différentes, les 3 coordonnées risquent de différer. Comment positionner ces produits les uns par rapport aux autres : lequel est le plus clair, le plus lumineux, ou le plus rouge... ?

Il est certes possible d'utiliser les 3 paramètres obtenus **de manière indépendante**, en considérant chacun comme un indicateur de la couleur de la viande.

En gros bovins, c'est la luminance qui rend le mieux compte de la couleur de la viande, telle qu'elle est perçue par l'homme. Les valeurs de L^* couramment mesurées sur le long dorsal après la coupe primaire, à l'aide d'un colorimètre CR-300 de Minolta, oscillent entre les niveaux suivants :

- $L^* = 28-30$ pour les viandes rouge foncé,
- $L^* = 50-55$ pour les viandes rouge très clair.

Pour le veau de boucherie, la luminance est également prépondérante, mais l'indice de rouge est également important. Les plages de variation courantes pour L^* et a^* , mesurées à l'aide d'un chromamètre Minolta CR-310, en fin de chaîne d'abattage sur la bavette de flanchet, sont les suivantes :

- $L^* = 51-53$ et $a^* = 14-16$, pour les viandes notées 1 (blanc),
- $L^* = 41-45$ et $a^* = 17-19$, pour les viandes notées 4 (rouge).

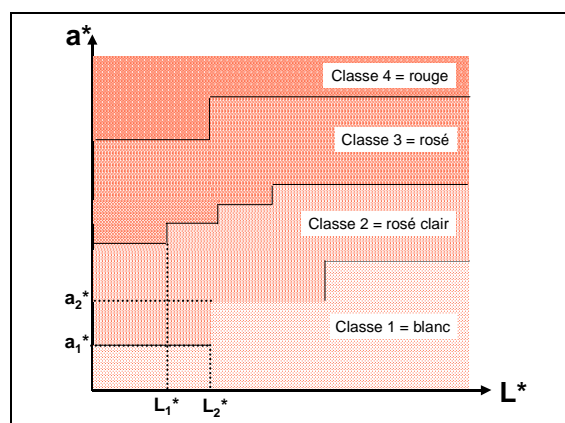
Le rapprochement des données du colorimètre au classement couleur officiel s'en trouve facilité.

Par le passé, une représentation graphique simplifiée des données a été proposée aux professionnels de la filière veau. Il s'agissait de les aider à déterminer les notes visuelles correspondant aux mesures instrumentales de couleur (fig. 5).

Ceci étant, la dissociation des 3 paramètres mesurés par le colorimètre conduit forcément à **une perte d'information**.

Ces paramètres ne traduisent chacun que partiellement la couleur du produit : par construction de l'espace colorimétrique considéré, ils sont effectivement indépendants les uns des autres.

Figure 5 : Exemple de visualisation du lien entre mesures instrumentales et jugement sensoriel



TRAVAUX POUR CLARIFIER L'INFORMATION

De nombreux travaux ont été réalisés depuis les années 90 pour **résoudre ce problème de lisibilité** des données fournies par les colorimètres.

Ces travaux avaient pour but de rapprocher les 3 coordonnées instrumentales fournies par un colorimètre, d'un jugement visuel de référence. L'objectif final était de se ramener, à partir des données du colorimètres, à un classement de couleur objectif (car instrumental), aisément compréhensible par les professionnels et utilisable dans le contexte de leur filière.

Ainsi, il s'est agit :

- pour le veau, de prédire le classement couleur de référence Ofival,
- pour le bœuf, de caractériser une carcasse, via la couleur d'un muscle facilement accessible,
- pour l'agneau, de prédire la couleur de l'ensemble du gras de couverture* de la carcasse.

Les travaux ont consisté à évaluer la couleur des produits étudiés selon des méthodologies standardisées (habituelles ou établies pour l'occasion), de deux manières différentes : avec un groupe de

plusieurs experts (souvent entre 2 et 4), d'une part et avec un colorimètre d'autre part.

Les évaluations sensorielles et instrumentales ont été conduites en parallèle sur un très grand nombre d'animaux (plusieurs centaines ou milliers selon les cas), de sorte à balayer la totalité de la plage de variation existante en matière de couleur au sein de la population considérée.

Elles ont ensuite été mises en correspondance, selon différents modèles mathématiques, lesquels ont été validés. Ces modèles permettent de prédire, à partir des paramètres L^* , a^* et b^* le classement de couleur de l'animal, selon une grille définie de manière sensorielle. La qualité de cette prédiction est satisfaisante, avec des coefficients de détermination (R^2) variant de 62 à 75%. Rappelons qu'il est impossible d'obtenir une liaison parfaite entre une variable discontinue (le jugement visuel) et une variable continue (les mesures instrumentales), quel que soit le modèle statistique retenu...

Mesure de la couleur de carcasses bovines après la coupe primaire



Pour chaque type de carcasse, les performances du « pointage » instrumental (obtention d'une note de couleur à partir de mesures instrumentales) sont comparables, voire supérieures à celles des pointeurs.

Elles permettent de classer correctement (par rapport à la moyenne des classements de plusieurs experts) entre 68 et 88% des carcasses, alors que la fréquence de concordance d'un juge avec les autres s'établit entre 60 et 82% selon le juge et le type d'animal considérés. Ceci étant, ces résultats ont été acquis en conditions expérimentales ; la manipulation de l'appareil en conditions de terrain peut dégrader notablement les performances.

Fort de ces résultats positifs, obtenus sur un très grand nombre d'animaux d'origines très diverses, la filière veau s'engage aujourd'hui dans une dernière phase de travaux, avant la mise en œuvre industrielle et systématique de la mesure instrumentale de la couleur des carcasses de veaux.

Cette action, fruit d'une décision politique des professionnels, est encouragée par Normabev, responsable du classement et du marquage des carcasses des gros bovins.

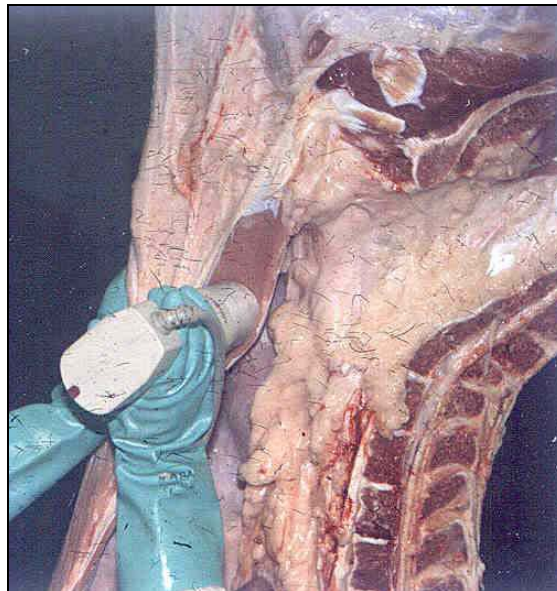
Une étude est donc en cours, pour mesurer les performances de deux appareils utilisés en routine sur une chaîne d'abattage (et non plus lors d'essais ponctuels) :

- le chromamètre CR-410 de Minolta, avec de nouvelles fonctionnalités (le CR-310 n'étant plus au catalogue),
- le CVN, un réflectomètre récemment développé par la société Normaclass (fiche 14).

Cette évaluation se fait sur la base d'un cahier des charges défini pour l'occasion. Il s'agit de prendre en compte les cadences d'abattage maximales (environ 120 veaux à l'heure), l'absence de modification de présentation de la carcasse pour respecter la réglementation, la possibilité d'impression du classement instrumental sur le ticket de pesée fiscale, la détection des valeurs

aberrantes... Les appareils doivent être capables d'exprimer correctement un jugement visuel, tout en respectant les contraintes existantes sur le terrain.

Mesure de la couleur d'une bavette de veau avec le CR-410



Sources :

ANONYME (1970) *Mesure instrumentale de la couleur. Tecnosintesi, VI(48), 5-37.*

BECHEREL F., RENERRE M., EIKELBOOM G., ANDERSEN J.R. (1991) *Projet européen de test de différents appareils pour mesurer la couleur des carcasses de veau sur la chaîne d'abattage. Compte rendu d'étude. Institut de l'Élevage, INTERVEAUX, Paris.*

DENOYELLE C., BERNY F. (1997) *Mesure instrumentale de la couleur de la viande de veau sur la chaîne d'abattage. Compte rendu d'étude. Institut de l'Élevage, INTERVEAUX, OFIVAL, Paris.*

DENOYELLE C., BERNY F. (1998) *Viande de veau. Objectiver la mesure de la couleur. Viandes Prod. Carnés, 19(4), 169-173.*

DENOYELLE C., BROUARD S., LEGRAND I., QUILICHINI Y. (2001) La mesure de la couleur de la viande et du tissu adipeux : applications dans les filières bovine et ovine. *Renc. Rech. Ruminants*, 8, 43-48.

DENOYELLE C., JABET S., BERNY F. (1997) La mesure instrumentale de la couleur de la viande de gros bovins au stade industriel. *Viandes Prod. Carnés*, 18, 269-274.

EV RAT-GEORGEL C., DENOYELLE C., MARTINEAU C., MOEVI I. (2005) Cahier des charges pour une évaluation des systèmes de mesure de la couleur de la viande de veau en routine sur la chaîne d'abattage. Institut de l'Elevage, INTERBEV, Paris.

FRENCIA J.P., MONVOISIN D. (1993) Mesure objective de la couleur des carcasses des gros bovins. *Viandes Prod. Carnés*, 14(6), 160-164.

Institut de l'Elevage, INRA, GIE du Centre Ouest, GEBRO, France Agnelle Association (1999) Etude de l'origine alimentaire et caractérisation des défauts de tenue et de couleur des gras d'agneaux. Rapport final du projet de recherche « Agriculture Demain » n°95 G 0109. Compte rendu n°9993215.

MINOLTA (1994 ?) Analyse des couleurs, parlons clair. De l'appréciation visuelle de la couleur à la mesure précise par l'instrument. Minolta.

PANELAY P.J. (1985) Méthodes et appareils de mesure de la couleur. *Viandes Prod. Carnés*, 6(2), 74-75.

RENERRE M. (1984) Problèmes posés par le calcul des différences (ou des écarts) de couleur. *Viandes Prod. Carnés*, 5(4), 159-161.

La couleur de la viande bovine

LES SPECTROPHOTOMÈTRES, SPECTROCOLORIMÈTRES, ET RÉFLECTOMÈTRES

PRINCIPE DU SPECTROPHOTOMÈTRE

Les spectrophotomètres sont des appareils qui utilisent des lumières monochromes*. Selon la nature du produit considéré, ils mesurent la quantité de lumière réfléchie ou la quantité absorbée par le produit, pour chaque longueur d'onde du visible :

- pour des échantillons opaques, telle la viande, c'est une réflectance qui est mesurée,
- dans le cas d'échantillons transparents, par exemple des pigments en solution ou autres liquides, c'est une absorbance ou densité optique qui est considérée (comme pour le dosage du fer hémique par exemple, fiche 12).

La couleur est mesurée sous la forme d'une courbe de réflexion ou d'absorption dite « intégrée » sur tout le spectre visible.



Les spectrophotomètres constituent la référence pour la mesure de la couleur d'un produit. Ce sont les appareils qui permettent d'obtenir les informations les plus

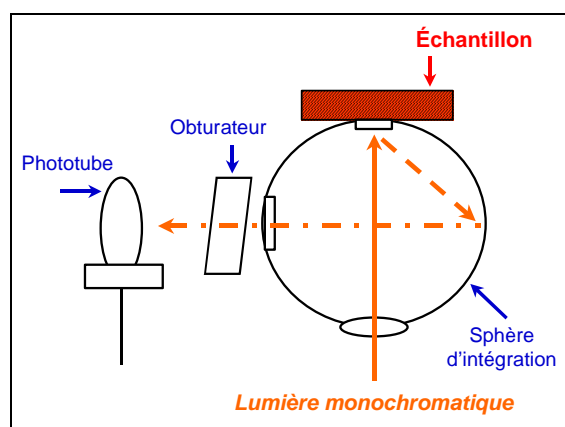
finies et les plus nombreuses.

Les coordonnées couleur du produit peuvent être obtenues dans tous les espaces colorimétriques existants. Il est aussi possible de calculer des indicateurs intéressants de l'acceptabilité ou de l'altération de la couleur d'une viande. Mais l'utilisation des spectrophotomètres est généralement limitée au laboratoire, car les mesures sont destructives, coûteuses et lourdes de mise en place. Les réflectomètres sont des appareils légers et faciles d'emploi. Ils fonctionnent sur un principe simple : la mesure de la quantité de lumière réfléchie par la viande, ou réflectance, à une ou quelques longueurs d'onde judicieusement choisies. Les réflectomètres ont été les premiers à être utilisés en France, pour tenter de mesurer objectivement la couleur de la viande de veau en routine, sur site industriel. Ces matériels ont progressivement laissé la place aux colorimètres et spectrocolorimètres portatifs, plus complexes mais en principe plus performants. Une nouvelle génération de réflectomètre est toutefois actuellement à l'étude sur carcasses de veau.

FONCTIONNEMENT DU SPECTROPHOTOMÈTRE

Le spectrophotomètre fonctionne grossièrement de la manière suivante : l'appareil produit différentes lumières monochromes, qui sont successivement envoyées sur la surface de l'échantillon étudié. La lumière réfléchie par le produit est récupérée par une sphère d'intégration*. Il s'agit d'une sphère métallique recouverte d'un produit réfléchissant, qui permet de mesurer la réflexion totale à chaque longueur d'onde sans avoir de perte. La lumière réfléchie sort par un obturateur, puis tombe sur un phototube, qui répond par un courant variable, fonction de la réflectance. Les résultats de l'échantillon sont comparés à ceux d'un blanc de référence (fig. 1).

Figure 1 : Principe de fonctionnement du spectrophotomètre



INFORMATION APPORTÉE SUR LA COULEUR

A partir de la courbe de réflexion du produit (fig. 2), il est possible :

- de calculer les coordonnées de la couleur du produit dans tous les espaces colorimétriques* existants : teinte, saturation, luminosité, indice de rouge...
- dans le cas de la viande, d'apprécier notamment le degré d'oxydation de la myoglobine en surface, puisque la

viande ne réfléchit pas la lumière de la même façon selon la forme chimique prise par le pigment musculaire,

...

UTILISATION DU SPECTROPHOTOMÈTRE

Les spectrophotomètres sont utilisables sur les trois grandes problématiques couleur identifiées. Ils permettent effectivement de caractériser la couleur de tous types de viandes :

- viandes normalement acidifiées ou non,
- viandes plus ou moins pigmentées,
- viandes plus ou moins altérées.

Les utilisations parmi les plus fréquentes sont :

- le dosage de fer héminique,
- la mesure de l'hématocrite,
- la mesure de la stabilité de la couleur, par le calcul de différents indicateurs.

Concernant ce dernier point, des indicateurs objectifs de l'évolution des 3 formes du pigment de la viande au cours de la conservation peuvent être calculés à partir de réflectances (R), coefficients d'absorption (K), coefficients de diffusion (S) de la lumière, à différentes longueurs d'onde judicieusement choisies. Certaines coordonnées de la couleur dans différents espaces colorimétriques sont aussi parfois employées individuellement.

Quelques-uns des principaux **indicateurs utilisés** :

- la différence de réflectance aux longueurs d'onde 630 et 580, **R630-R580**, est l'un des indicateurs le mieux corrélé (positivement) avec la préférence exprimée d'un jury et avec l'impression rouge vif donnée par la viande. Elle est négativement corrélée avec le pourcentage de metmyoglobine,

- la **composante rouge a_H** (également mesurable à l'aide d'un colorimètre) est étroitement liée à la préférence d'un jury,

- l'**indice de rouge a^*** (même remarques) l'est aussi,

- le **rapport de K/S572 à K/S525** est linéairement lié au pourcentage de metmyoglobine.

Selon les auteurs, lorsque le taux de metmyoglobine en surface de la viande atteint 20%, un consommateur sur 2, voire 2 sur 3 n'achètent plus la viande.

AVANTAGES ET LIMITES DU SPECTROPHOTOMÈTRE

Les spectrophotomètres permettent de savoir comment le produit réfléchit la lumière pour chaque longueur d'onde du visible. Il est difficile d'avoir une information plus fine et plus précise sur la couleur du produit. C'est la raison pour laquelle, ce type d'appareil fait figure de **référence en matière de mesure instrumentale** de la couleur.

Les spectrophotomètres présentent *a priori*, de par leur principe de fonctionnement, un meilleur pouvoir prédictif de la couleur que les autres appareils de mesure physique utilisables.

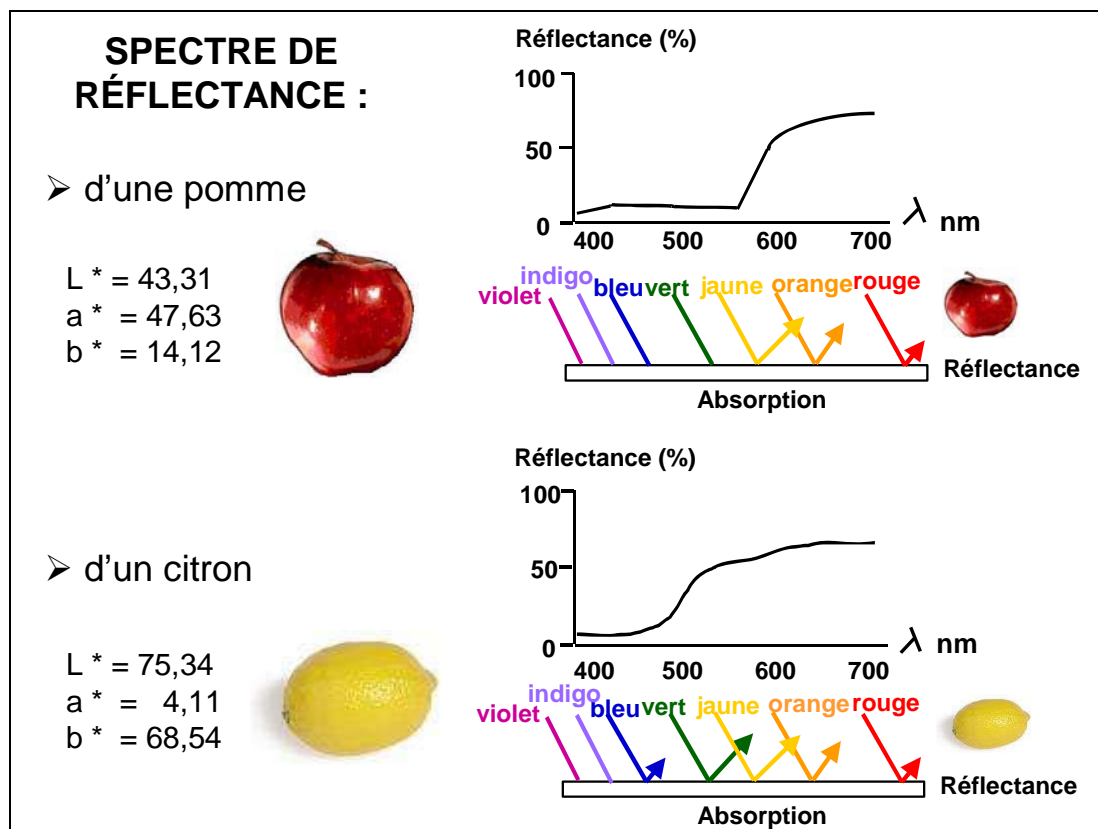
Des inconvénients existent néanmoins pour ce type de matériel. La méthode est notamment **inutilisable en routine**, par exemple sur site industriel d'abattage/transformation.

La mesure est effectivement **destructive**, puisqu'elle nécessite le prélèvement d'un échantillon de viande de plusieurs centimètres de diamètre. Il en résulte un coût non nul en matière première et/ou en dépréciation de la carcasse.

De plus, la nécessité de prélever un échantillon rend la mesure assez **lourde** à mettre en place.

Certains appareils, notamment parmi les plus anciens, demeurent enfin très **encombrants**.

Figure 2 : Courbe de réflectance fournie par le spectrophotomètre



Par ailleurs, l'information apportée est certes très précise, mais ne porte que sur un petit échantillon du produit. Toute la validité de la mesure repose sur la pertinence de l'échantillonnage, lequel ne peut se faire qu'à l'œil et reste donc **subjectif** ! Le problème est particulièrement criant dans le cas d'un produit dont la couleur de surface est hétérogène : viande bicolore, viande en cours d'altération...

D'autre part, les spectrophotomètres, bien que d'un prix abordable, sont parmi les plus **coûteux** des appareils de mesure de la couleur de la viande.

PRINCIPE DU SPECTROCOLORIMÈTRE

Les spectrocolorimètres sont, comme leur nom l'indique, des colorimètres (fiche 13). Ils tentent néanmoins de se rapprocher, dans leur fonctionnement, des spectrophotomètres. Ils étudient, en effet, la façon dont le produit réfléchit la lumière, non longueur d'onde par longueur d'onde comme le fait un spectrophotomètre, mais par petites plages de longueurs d'ondes successives. Le résultat obtenu peut se présenter sous la forme d'une courbe de réflectance, ce que ne fait pas un colorimètre classique. Par contre, comme tout colorimètre, le spectrocolorimètre est aussi capable de donner les coordonnées de la couleur mesurée, dans différents espaces couleur.

AVANTAGES DU SPECTROCOLORIMÈTRE

Considérant leur fonctionnement, les spectrocolorimètres apportent des informations sans doute plus nombreuses sur la couleur que les colorimètres classiques.

De plus, certains matériels sont portatifs, ce qui les rend plus opérationnels que l'outil de référence : le spectrophotomètre.

INCONVÉNIENTS DU SPECTROCOLORIMÈTRE

La finesse des informations obtenues est, par principe, moins bonne que celle d'un spectrophotomètre (réflectances par plages de longueurs d'ondes).

De plus, des essais réalisés sur viande avec le modèle CM-508i de Minolta n'ont pas montré d'avantage spécifique de ce type de matériel sur les chromamètres classiquement employés lors d'expérimentations sur le produit viande. C'est la raison pour laquelle les spectrocolorimètres, très prometteurs dans leur conception, sont finalement peu employés sur les viandes, du moins en France.

PRINCIPE DU RÉFLECTOMÈTRE

Les réflectomètres constituent une sorte de miniaturisation des spectrophotomètres. Ils mesurent la réflectance (donc le % de lumière réfléchi) de la viande à une ou plusieurs longueurs d'onde données, judicieusement choisies. L'appareil contient un ou des filtres colorés permettant de travailler en lumières monochromatiques*. Il se positionne en surface du produit, envoie un faisceau lumineux monochromatique sur celui-ci et capte en retour la quantité de lumière réfléchi.

Dans le cas de la viande, plusieurs longueurs d'onde sont particulièrement pertinentes (fiche 11), parmi lesquelles :

- 525 nm, puisque le pourcentage de lumière réfléchi à cette longueur d'onde est lié à la teneur en pigments héminiques dans le muscle,

- 580 nm, qui correspond à un pic d'absorption de la myoglobine oxygénée et qui, associée à la longueur d'onde 630 nm, permet d'apprécier la teneur en metmyoglobine dans le muscle,

- 630 nm, puisque le % de lumière réfléchi à cette longueur d'onde est très lié à la teneur en pigments héminiques et à la luminosité du produit, et que l'association avec la longueur d'onde 580 est également intéressante (voir ci-dessus).

AVANTAGES DU RÉFLECTOMÈTRE

Les réflectomètres présentent l'avantage de fournir **une seule valeur**, facile à comprendre et à interpréter : la fourchette des valeurs possibles traduit l'aspect plus ou moins clair (ou inversement plus ou moins sombre) du produit considéré.

Autre intérêt de ce matériel : il réalise des mesures de surface, donc ne nécessite **pas de prélèvement** de viande.

De plus, il s'agit d'appareils petits et **peu encombrants**, toutes sortes de caractéristiques permettant d'envisager un fonctionnement de routine, sur site industriel.

Dans les années 80, l'INRA a d'ailleurs développé un réflectomètre à cette fin : le Rétrolux. Plusieurs générations de matériels se sont succédées, lors de recherches pour une mesure objective de la couleur de la viande de veau en fin de chaîne d'abattage. L'appareil, très léger, portable, pouvait être manipulé d'une main ; il fonctionnait sur piles, ce qui facilitait son utilisation. Il n'est pratiquement plus employé aujourd'hui (voir inconvénients ci-après).

Par contre, un nouveau type de réflectomètre a récemment été mis au point par la société Normaclass : le CVN.

Le Rétrolux, facile à employer pour mesurer la couleur de bavettes de veau



Cet appareil fait actuellement l'objet d'une campagne de tests, parallèlement à un autre matériel : le colorimètre CR-410 de Minolta. Ces travaux pourraient déboucher sur l'automatisation et la généralisation à l'ensemble des entreprises françaises, du classement objectif de la couleur des veaux de boucherie, au stade de la pesée fiscale, avec l'un ou l'autre de ces matériels.

Le réflectomètre CVN, le chromamètre CR-410 et le système de récupération des données à dalle tactile Onix



INCONVÉNIENTS DU RÉFLECTOMÈTRE

Les limites des réflectomètres résident *a priori* dans leur principe de fonctionnement : la réflectance à une longueur d'onde donnée, fût-elle judicieusement choisie, n'apporte qu'une **information partielle** sur un

paramètre aussi complexe que la couleur de la viande.

D'autre part, différentes observations réalisées sur les premières générations de matériels laissaient à penser que les conditions de mesure et notamment l'éclairage, pouvaient interférer et modifier le résultat obtenu. Ainsi des mesures effectuées en extérieur sur veaux de boucherie montraient-elles des valeurs systématiquement supérieures à celles obtenues en abattoir. Ceci s'expliquait probablement par une certaine difficulté à positionner parfaitement la surface de la tête de lecture de l'appareil sur la viande. Qu'en est-il des limites du CVN actuellement testé par la profession veau à cet égard ?

Enfin, comme pour la plupart des mesures instrumentales de couleur, l'appréciation comporte **une part de subjectivité**. Elle ne porte en effet que sur une toute petite surface du produit. La fiabilité du résultat dépend donc de la représentativité du site retenu pour la mesure.

Autre type de réflectomètre, avec tête de lecture « indépendante », raccordée par un câble au calculateur



Pour toutes ces raisons, le recours à ce genre de matériel a quasiment été abandonné jusqu'à très récemment. Aujourd'hui peu d'équipes de recherche emploient encore des réflectomètres.

Une fibre optique danoise testée au niveau du carré d'une carcasse de veau



Ces derniers ont été largement remplacés par les colorimètres portatifs, en principe plus performants pour reproduire les perceptions visuelles.

Mais peut-être le CVN de Normaclass, en cours de test, viendra-t-il renverser cette tendance ?

PRINCIPE DES FIBRES OPTIQUES

Les fibres optiques réalisent des mesures interne, en profondeur de la viande. Elles évaluent par exemple les quantités de lumière absorbées par la viande :

- pour une longueur d'onde donnée (travail en lumières monochromatiques),
- ou pour l'ensemble des longueurs d'onde du visible (lumière blanche).

POUVOIR PRÉDICTEUR DES FIBRES OPTIQUES

Le pouvoir prédicteur de ces fibres semble moins bon que celui des appareils de mesure de la couleur en surface. Telles étaient du moins les conclusions d'une étude du début des années 90, comparant différents matériels sur viande de veau (fig. 3).

Figure 3 : Corrélations entre mesures visuelles et objectives de la couleur de la viande de veau

| Type d'appareil | r Corrélation avec la couleur |
|-----------------|----------------------------------|
| Fibres optiques | < 0,6 |
| Réfléctomètres | -0,76 |
| Colorimètres | -0,81 à -0,85 |

Sources :

BECHEREL F. (1990) Le Retrolux III : Test d'un nouveau prototype de réfléctomètre portatif pour apprécier la couleur de la viande de veau. Rapport intermédiaire, Janvier. ITEB, INTERVEAUX, Paris.

BECHEREL F. (1990) Le Retrolux III : Test d'un nouveau prototype de réfléctomètre portatif pour apprécier la couleur de la viande de veau. Rapport complémentaire, Avril. ITEB, INTERVEAUX, Paris.

BECHEREL F., EIKELNBOOM G., RENERRE M., ANDERSEN J. R. (1992) Comparison of various instruments for on line assessment of the colour of veal carcasses. Proc. 38th ICoMST, 867-870. Clermont-Ferrand, France.

BECHEREL F., RENERRE M., EIKELNBOOM G., ANDERSEN J.R. (1991) Projet européen de test de différents appareils pour mesurer la couleur des carcasses de veau sur la chaîne d'abattage. Compte rendu Institut de l'Elevage / INTERVEAUX.

GONDOUIN R. (1986) La qualité des carcasses et la mesure de la qualité de la viande dans le cas du veau. Viandes Prod. Carnés, 7(5), 234- 236.

MINOLTA (1994 ?) Analyse des couleurs, parlons clair. De l'appréciation visuelle de la couleur à la mesure précise par l'instrument.

RENERRE M. (1981) La couleur de la viande et sa mesure. Viandes Prod. Carnés, 2(5), 10-16.

RENERRE M. (1984) Variabilité entre muscles et entre animaux de la stabilité de la couleur des viandes bovines. Sci. Aliments, 4, 567-584.

L a couleur de la viande bovine

LES CONDITIONS DE RÉALISATION DES APPRÉCIATIONS

L'obtention de mesures de couleur (directes ou indirectes) fiables passe par certaines conditions. Il convient notamment de réfléchir au moment de réalisation le plus adapté, au site de l'animal à mesurer, ainsi qu'à la préparation de l'échantillon évalué et de l'outil de mesure utilisé.

MOMENT D'APPRÉCIATION

A l'exception de certains cas particuliers, toute appréciation de couleur de viande ne devrait se réaliser qu'une fois l'acidification terminée, soit 24 à 48 heures post-mortem, période à laquelle le pH ultime est censé être atteint.

Certains auteurs estiment même qu'une évaluation de la couleur dans les 24 premières heures post-mortem n'est pas valide, car peu corrélée à la couleur des jours ou semaines suivantes.

Dans la pratique, pour des raisons commerciales notamment, l'évaluation de la couleur ne se fait pas toujours au moment le plus propice. Le classement couleur des carcasses de veaux de boucherie en est le meilleur exemple, puisqu'il s'effectue en fin de chaîne

d'abattage, dans l'heure suivant la mort de l'animal.

Cette pratique se justifie toutefois, dans la mesure où la viande est très peu pigmentée, ce qui atténue le lien entre le pH et la couleur de la viande. Mais des biais existent à opérer de la sorte.

Quel professionnel d'aval ne s'est pas rendu compte de différences entre la couleur de la viande une fois travaillée et la couleur initiale de la carcasse ?

La tendance logique, compte tenu de l'évolution de la structure du muscle après l'abattage, est à un éclaircissement de la viande (voir fiche3).

Evaluer la couleur d'une viande nécessite certaines précautions, concernant notamment :

- le moment de réalisation des mesures,
- le choix du site où effectuer la mesure,
- la préparation de la surface à mesurer,
- le réglage et l'étalonnage de l'outil de mesure.

Toute déficience à cet égard risque d'invalider les résultats obtenus.



Mais une étude récente, destinée à clarifier le débat, montre également des phénomènes d'assombrissement. L'appréciation de la couleur du veau au stade de la pesée fiscale ne constitue donc pas une parfaite prédiction de la couleur finale du produit, même si l'amplitude des écarts reste acceptable au plan commercial.

Par ailleurs, certaines mesures ne sont pas concernées par les préconisations relatives au délai de réalisation après la mort de l'animal :

- les mesures portant sur l'évolution du pH en cours d'acidification,
- les dosages de constituants musculaires n'évoluant pas au fil du temps : fer héminique, gras intramusculaire, différents types de fibres musculaires...

CHOIX DU MUSCLE

De manière générale, en site industriel, il est recommandé de pratiquer les évaluations sensorielles et les mesures physiques de couleur :

- sur le long dorsal (*Longissimus dorsi*), lors de la coupe de gros, le lendemain de l'abattage, pour les gros bovins,
- sur la bavette de flanchet (*Rectus abdominis*) à la pesée fiscale, pour le veau de boucherie.

Bien entendu, tout autre muscle peut faire l'objet de mesures de couleur, notamment à des fins de recherches appliquées ou fondamentales.

PRÉPARATION DU PRODUIT À MESURER

Il convient d'effectuer les évaluations sensorielles et mesures physiques de surface sur des viandes présentant au moins 1,5 cm d'épaisseur.

Il s'agit d'éviter qu'une partie de la lumière incidente ne traverse l'échantillon, ce qui viendrait modifier la quantité de lumière réfléchie par la viande, celle-ci apparaissant plus sombre. Les mesures en profondeur nécessitent une épaisseur encore plus importante, tout simplement pour être réalisables.

Prélèvement d'un échantillon de viande représentatif pour mesure au spectrophotomètre (en haut, à droite, la sphère d'intégration)



Par ailleurs, les échantillons riches en **gras** intramusculaire (et intermusculaire) visibles doivent être évités, l'objectif étant de mesurer la seule couleur de la viande, sans biais introduit par la présence de gras.

Dans le cas contraire et pour une mesure physique, il convient de privilégier les systèmes mesurant de petites surfaces de produit. Cette considération a d'ailleurs prévalu lors du choix du type de colorimètre à utiliser en viande de gros bovins : le chromamètre CR-300 a été retenu du fait de sa petite surface de mesure (8 mm de diamètre), permettant d'éviter d'éventuelles veines de gras. En viande de veau, il a été possible d'opter pour les CR-310 puis CR-410 (nouvelle génération), dont la surface de lecture est plus importante (50 mm de diamètre). Ceci assure une meilleure représentativité des mesures, sans poser de problème particulier, car cette viande est maigre (animal encore peu mature).

L'appréciation sensorielle comme la mesure physique de la couleur de la **viande de veau**, se réalise en décollant légèrement la peau recouvrant la bavette, mais sans la retirer, pour éviter toute dépréciation commerciale.

Pour les gros bovins, les évaluations sensorielles et les mesures physiques doivent être effectuées sur viande fraîche et oxygénée.

Dans certaines conditions, il peut être nécessaire de rafraîchir la coupe, la viande ayant tendance à brunir légèrement par dessèchement de surface au fil du temps.

Pour les viandes qui viennent d'être mises à l'air, issues d'une ambiance anaérobie (coupe de gros, prélèvement sur carcasse ou dessouvidage récents), il faut attendre pour faire la mesure. Laisser la viande à l'air au moins 1 à 2 heures à 3°C, pour permettre sa réoxygénation avant l'évaluation. A défaut, la couleur appréciée sera celle du pigment sous sa forme réduite (pourpre). De plus, après l'établissement de la rigidité cadavérique* et durant la première heure d'oxygénation de la myoglobine,

il est reconnu que la luminosité de la viande dépend de la température à laquelle le muscle est entré en rigidité.

PRÉPARATION DE « L'APPAREIL » DE MESURE

Les colorimètres ou spectrocolorimètres doivent faire l'objet d'un **réglage initial**, concernant notamment :

- le choix de l'espace couleur dans lequel il est prévu de travailler,
- le choix de l'illuminant*, c'est à dire la nature de la lumière incidente envoyée par l'appareil sur le produit.

A cet égard, au moins 3 illuminants sont généralement possibles :

- l'illuminant standard D65, reproduisant la lumière du jour moyenne, avec prise en compte de la zone des ultraviolets,
- l'illuminant standard C, reproduisant la lumière du jours moyenne, sans prise en compte de la zone des ultraviolets,
- l'illuminant standard A, correspondant à une lumière incandescente.

Dans le cas des viandes, ce sont surtout les deux premiers illuminants qui servent : longtemps le plus utilisé pour la viande, l'illuminant C tend aujourd'hui à s'effacer devant l'illuminant D65. L'aptitude des chromamètres à mesurer la couleur de la viande a notamment été testée avec cet illuminant, qui doit donc être retenu dorénavant.

D'autres considérations sont à prendre en compte pour ces matériels, concernant notamment le recueil et la sauvegarde des données. En effet, ces appareils ont une capacité de stockage limitée, s'ils sont utilisés indépendamment de tout autre matériel. Pour pallier à ce problème, il peut être installé une interface entre l'appareil de mesure de la couleur et une installation informatique.

C'est le choix récemment fait par la filière veau de boucherie (lien avec l'informatique de l'abattoir, notamment pour gérer la traçabilité), dans l'optique d'un éventuel futur classement instrumental des veaux à la pesée fiscale.

A la demande de l'interprofession, l'Institut de l'Élevage a d'ailleurs récemment mis en place un cahier des charges pour une évaluation des systèmes de mesure de la couleur de la viande de veau en routine sur la chaîne d'abattage. Ce document comprend nombre de préconisations sur cette évaluation.

Par ailleurs, **les appareils doivent être étalonnés**, avant toute série de mesure, de sorte à éviter les dérives. Pour les appareils de mesure de surface, tels les colorimètres, spectrocolorimètres ou encore réflectomètres, des étalons colorés standards sont employés. Pour les pH-mètres, il s'agit de solutions tampons. Autre outil de mesure, le jury d'experts utilisé en sensoriel, doit lui aussi se recalibrer périodiquement, sous peine de dérives dans le temps. Il s'agit d'une contrainte relativement lourde à gérer au plan pratique, trop souvent négligée.

Sources :

DENOYELLE C., BROUARD S., LEGRAND I., QUILICHINI Y. (2001) *La mesure de la couleur de la viande et du tissu adipeux : applications dans les filières bovine et ovine. Renc. Rech. Ruminants, 8, 43-48.*

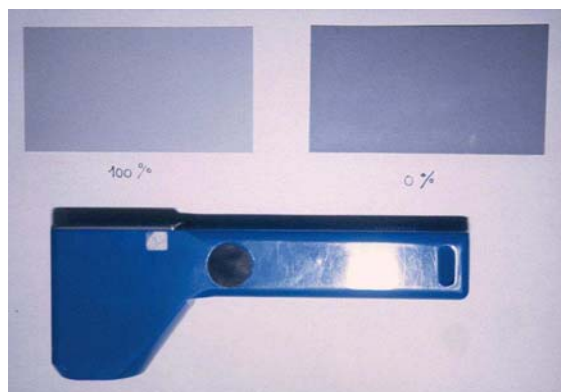
EV RAT-GEORGEL C., DENOYELLE C., MARTINEAU C., MOEVI I. (2005) *Cahier des charges pour une évaluation des systèmes de mesure de la couleur de la viande de veau en routine sur la chaîne d'abattage. Institut de l'Élevage, INTERBEV, Paris.*

MARTINEAU C., BERTRAND G., LEQUENNE D. (2005) *Evolution post mortem de la couleur des carcasses de veaux. Compte rendu final n°170532020. Institut de l'Élevage, Le Rheu ; INTERBEV, OFIVAL, Paris.*

PRIOLO A., MICOL D., AGABRIEL J. (2001) *Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. Anim. Res., 50, 185-200.*

RENERRE M. (1988) *Quelles recommandations pour mesurer la couleur de la viande au laboratoire ? I.A.A., Juin, 530-533.*

Réflectomètre INRA et ses deux plaques de calibration : 0 et 100% de réflectance



La couleur de la viande bovine

BIBLIOGRAPHIE

AFNOR (1975) Norme expérimentale X 08-000 Décembre 1975. Dictionnaire de colorimétrie théorique et technique.

ANONYME (1988) Le chemin de la qualité passe par vous. ITEB, INTERBEV, Paris.

BECHEREL F., RENERRE M., EIKELBOOM G., ANDERSEN J.R. (1991) Projet européen de test de différents appareils pour mesurer la couleur des carcasses de veau sur la chaîne d'abattage. Compte rendu Institut de l'Élevage / INTERVEAUX, Paris.

BOCCARD R., VALIN C. (1984) 1- La rigidité cadavérique (ou *rigor mortis*). « Viandes » informations Techniques des Services vétérinaires, 107-115.

CARPENTIER J. (1966) La coloration de la viande et les principaux facteurs de variation. Bull. Soc. Sci. Hyg. Alim., 54 (1-2-3), 16-29.

DENOYELLE C., BERNY F. (1998) Viande de veau. Objectiver la mesure de la couleur. Viandes Prod. Carnés, 19(4), 169-173.

DENOYELLE C., BROUARD S., LEGRAND I., QUILICHINI Y. (2001) La mesure de la couleur de la viande et du tissu adipeux : applications dans les filières bovine et ovine. Renc. Rech. Ruminants., 8, 43-48.

DENOYELLE C., JABET S., BERNY F. (1997) La mesure instrumentale de la couleur de la viande de gros bovins au stade industriel. Viandes Prod. Carnés, 18, 269-274.

LAMELOISE P., ROUSSEL-CIQUARD N., ROSSET R. (1984) 3. Evolution des qualités organoleptiques. Les viandes. Hygiène – Technologie. Informations Techniques des Services Vétérinaires, N^{os} 88 à 91, 121-125.

LEGRAND I. (1993) Conditionnement et performances de conservation à l'état frais des viandes de boucherie et des abats. Compte rendu Institut de l'Élevage / INTERBEV, Paris.

LEGRAS P. (1978) Le jugement de la couleur de la viande de veau. Couleurs, 100, 21-27.

LOUISFERT S. (1993) La couleur de la viande. Institut de l'Élevage, Villers-Bocage, France.

MINOLTA (1994 ?) Analyse des couleurs, parlons clair. De l'appréciation visuelle de la couleur à la mesure précise par l'instrument.

MONIN G. (1991) Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. INRA Prod. Anim., 4(2), 151-160.

MONIN G. (1993) PH et qualités sensorielles de la viande de veau. Viandes Prod. Carnés, 14(2), 43-47.

NORMAND J. (2005) Couleur de la viande de veau et de gros bovins. Note de synthèse bibliographique. Compte rendu final n°170532004, Institut de l'Élevage, INTERBEV, OFIVAL, Paris.

PRIOLO A., MICOL D., AGABRIEL J. (2001) Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. Anim. Res., 50, 185-200.

RENERRE M. (1981) La couleur de la viande et sa mesure. Viandes Prod. Carnés, 2(5), 10-16.

RENERRE M (1984) Variabilité entre muscles et entre animaux de la stabilité de la couleur des viandes bovines. Sci. Aliments, 4, 567-584.

RENERRE M (1986) Influence de facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA, 65, 41-45.

RENERRE M. (1987) Influence du mode de conditionnement sur la couleur de la viande. Viandes Prod. Carnés, 8(2), 47-50.

RENERRE M. (1988) Quelles recommandations pour mesurer la couleur de la viande au laboratoire ? I.A.A., Juin, 530-533.

RENERRE M (1999) Biochemical basis of fresh meat colour. Proc. 45th ICoMST, II, 344-353.

RENERRE M., LABADIE J. (1993) Fresh red meat packaging and meat quality. Proc. 39th ICoMST, Session 8, 361-387. Calgary, Canada.

RENERRE M., MAZUEL J.P. (1985) Relations entre méthodes de mesures instrumentales et sensorielles de la couleur de la viande. Sci. Aliments, 5, 541-557.

ROSSET M. R., LIGER P. (1983) La couleur de la viande. Actualités scientifiques et techniques en industries agro-alimentaires, 22, 101 p. APRIA, Paris.

La couleur de la viande bovine

LEXIQUE

ABSORBEUR D'OXYGÈNE : Petit sachet de poudre qui réagit avec l'oxygène. Collé à l'intérieur d'un conditionnement sous atmosphère sans oxygène, il consomme les résidus de ce gaz qui pourraient subsister et prévient donc les altérations de couleur lors de la conservation.

ACIDES GRAS : Composés de base des graisses animales.

ADRÉNALINE : Hormone à multiples effets, qui agit notamment comme hormone d'urgence dans différentes situations de stress.

AÉROBIE : Qualifie la présence d'oxygène.

AÉROBIES STRICTES : Qualifie les bactéries qui ont impérativement besoin d'oxygène pour vivre et se développer.

ANAÉROBIE : Qualifie l'absence d'oxygène.

ANAÉROBIOSE : Voir Anaérobie.

ANALYSE SENSORIELLE : Examen de la qualité sensorielle ou de la qualité hédonique d'un produit par les organes des sens (vue, ouïe, toucher, odorat, goût).

ANÉMIE : Etat maladif causé par une diminution des globules rouges dans le sang.

AUTOXYDATION : Oxydation de la myoglobine, phénomène *a priori* non enzymatique. Elle est accélérée par tous les facteurs qui concourent à la dénaturation des protéines (dessiccation de surface, rayonnements, pH, micro-organismes...).

BACTÉRIE : Organisme microscopique (0,5 à 3 microns), non visible à l'œil, susceptible de se reproduire très vite, si les conditions de milieu le permettent. La prolifération des bactéries sur la viande accélère les altérations de couleur du produit.

BACTÉRIOSTATIQUE (EFFET) : Qui ralentit le développement des bactéries, sans les détruire pour autant. Le froid et le gaz carbonique sont connus pour leur effet bactériostatique.

BORDAGE (DE LA VIANDE) : Défaut de présentation de la viande, qui se traduit par une auréole brune/verte en périphérie du morceau. Le phénomène apparaît suite à l'exposition de certains muscles à l'air, sans protection, durant un certain temps.

Le bordage n'est pas décelable en surface du muscle ; il devient visible lors du tranchage.

CARACTÉRISTIQUES

COLORIMÉTRIQUES : Ensemble des critères quantitatifs qui permettent de définir entièrement une couleur à l'aide des conventions C.I.E., et de les reproduire à l'identique au regard de ces mêmes conventions.

CARCASSE : Animal abattu, saigné, dépouillé, éviscéré, défalcation faite de la tête, de l'extrémité des membres, des organes génitaux et annexes (muscles associés, mamelle), ainsi que d'une partie des graisses externes (émoussage).

C.I.E. : Commission Internationale de l'Eclairage. C'est un organisme international qui s'occupe des questions d'éclairage et de couleur.

CHAÎNE D'ABATTAGE : Lieu de mise en œuvre des opérations d'abattage, de dépouille, d'éviscération, d'inspection sanitaire, de classement et de pesée des carcasses.

CHOLÉMYOGLOBINE : Dérivé de la myoglobine de couleur verte, produit accidentellement dans la viande.

CHROMAMÈTRE : Colorimètre de marque Minolta. Plusieurs générations de chromamètres ont été employées sur les produits viande de par le monde : CR-200, CR-300, CR-310, CR-410... Le diamètre de la zone mesurée varie selon les modèles ; il est par exemple de 8 mm pour le CR-300 et de 50 mm pour le CR-310. Le CR-410 est actuellement à l'étude, pour la mesure systématique de la couleur du veau à l'abattoir.

CHROMATICITÉ : Elle est définie par la teinte et la saturation d'une couleur.

CHROMOPROTÉINE : Métalloprotéine dont l'élément minéral confère une coloration à l'ensemble protéique. Les chromoprotéines ont des fonctions biologiques importantes (hémoglobine, myoglobine, chlorophylle...).

CLARTÉ : Attribut de la sensation visuelle, selon laquelle un corps paraît transmettre ou réfléchir par diffusion, une fraction plus ou moins grande de la lumière incidente.

CLASSEMENT (SELON LA GRILLE EUROP) : Appréciation standardisée à l'échelon européen (gros bovins) ou français (veau de boucherie) de la couleur (pour le seul veau), de la conformation et de l'état d'engraissement des carcasses, voire des animaux vifs : chiffres 1 (blanc) à 4 (rouge) ; lettres E (profils très convexes) à P (profils très concaves) ; chiffres 1 (très maigre) à 5 (très gras).

COLORANT : Substance modifiant l'aspect d'un rayonnement lumineux par absorption sélective des radiations de celui-ci. Le colorant se distingue du pigment en ce qu'il est soluble dans le milieu qu'il colore alors que le pigment est insoluble.

COLORÉ : Se dit d'un corps, d'une substance ou d'une surface, pour lesquels la part du flux lumineux incident qui est transmise et/ou réfléchi varie selon la longueur d'onde dans le domaine du rayonnement visible.

COLORIMÈTRE : Appareil permettant de déterminer les composantes et les coordonnées trichromatiques d'une couleur dans des conditions d'éclairage et d'observation strictement définies. Le terme est une appellation générique qui est applicable à l'ensemble des appareils utilisables pour la détermination des caractéristiques colorimétriques, quel qu'en soit le principe.

Pour éviter toute ambiguïté, certains fabricants de matériels recommandent de dénommer « spectrocolorimètres », ceux des colorimètres dans lesquels les radiations monochromatiques sont issues d'un monochromateur. Les autres appareils, à filtres sélectifs, ne répondent qu'à l'appellation de « colorimètres » et à aucune autre.

COLORIMÉTRIE : Etude des couleurs qui repose sur les propriétés de l'œil, et dont les bases sont conventionnelles. La colorimétrie exploite une propriété psychosensorielle fondamentale de l'œil, que traduit le principe de la trivariance visuelle.

COMPOSANTES TRICHROMATIQUES (D'UN STIMULUS COULEUR) : Quantité de chacun des 3 stimuli de référence (ou primaires) d'un système colorimétrique trichromatique permettant de reconstituer l'équivalent d'un stimulus de couleur donné.

CONDITIONNEMENT : Enveloppe de protection d'un produit, en contact direct avec lui, donc adaptée à ses caractéristiques. C'est aussi l'opération qui réalise la protection de la viande par l'emploi d'une enveloppe. Différents types de conditionnements existent, dont certains permettent de retarder la dégradation naturelle de la viande, dont tout spécialement sa couleur. Le conditionnement sous vide est l'un des plus utilisés en viande bovine.

CÔNES : Eléments réceptifs particuliers de la rétine auxquels on attribue le rôle principal de la perception des stimuli lumineux et de couleur, lorsque l'œil est adapté à la lumière. Les éléments réceptifs de la rétine qui interviennent lorsque l'œil est adapté à l'obscurité sont les bâtonnets.

CONFORMATION : Caractérisation des profils (de très convexe à très concaves) d'un animal vif ou d'une carcasse.

CONSERVATION DE DEMI-GROS : Conservation de morceaux de demi-gros, obtenus par la découpe grossière de l'animal. Ces morceaux sont rarement vendus tels quels au consommateurs, mais débités auparavant en morceaux de détail. Comme pour le gros, la conservation de demi-gros concerne surtout les grossistes et les distributeurs.

CONSERVATION DE DÉTAIL : Conservation de morceaux de détail, obtenus par une découpe élaborée de l'animal. Elle porte essentiellement sur les morceaux directement destinés au consommateurs et fait souvent référence à la conservation chez le distributeur.

CONSERVATION DE GROS : Conservation sous forme de quartiers. Ce type de conservation concerne surtout les grossistes et les distributeurs.

CONTAMINATION : Introduction dans un milieu donné, de micro-organismes indésirables, nuisibles à la qualité du produit final ou pathogènes (préjudiciables à la santé humaine).

CONTRACTURE AU FROID : Réaction des muscles au froid après abattage, pouvant entraîner un durcissement irréversible de la viande.

CORRÉLATION (COEFFICIENT DE) : Le coefficient de corrélation, symbolisé « r », mesure la netteté de la liaison (ou le degré de liaison) existant entre deux caractères quantitatifs (deux séries de données), pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire.

Le coefficient de corrélation est un nombre compris entre -1 et $+1$, indépendant des unités de mesures.

Il est d'autant plus proche de -1 (liaison négative) ou de $+1$ (liaison positive) que la liaison est étroite (et linéaire). Il est d'autant plus proche de 0 que cette liaison est lâche. Les variables sont indépendantes lorsque la corrélation est égale à 0 .

CORTISONE : Hormone corticosurrénale (région périphérique des reins), aux propriétés anti-inflammatoires et métaboliques.

COULEUR : Caractéristique du rayonnement visible permettant à l'observateur de distinguer des différences entre deux objets identiques dans leur forme, dimensions et structure, identiquement placés. Dans le langage courant, le terme « couleur » est souvent utilisé de façon restrictive dans le sens de couleur possédant une teinte, par opposition aux blanc, noir, gris.

COULEURS COMPLÉMENTAIRES :

- Toute paire de couleurs dont le mélange additif produit du blanc (ou du gris),
- toute paire de couleurs dont le mélange soustractif produit du noir (ou du gris),
- toute paire de couleurs dont la perception de l'une produit la perception de l'autre par contraste.

CULARD : Type d'animal dont la conformation, déterminée génétiquement, se caractérise par des profils extrêmement convexes. Les teneurs musculaires en myoglobine, gras et collagène (élément responsable de la dureté potentielle du muscle) sont faibles chez ces animaux.

DEGRÉ DE MATURITÉ : Poids de l'animal rapporté à son poids potentiel adulte, exprimé en pourcentage.

Il permet de comparer des animaux de races de formats très différents.

DÉTERMINATION (COEFFICIENT DE) : Symbolisé « R^2 », c'est le carré du coefficient de corrélation entre deux variables x et y . Cette quantité exprime la part de la variance de y qui est « expliquée » par x . La variance résiduelle est la part de cette variance qui ne peut être expliquée de la sorte. Le coefficient de détermination est utilisé pour estimer la contribution des différentes mesures instrumentales à la variabilité de la couleur de la viande (moyenne des évaluations de plusieurs experts). Il donne donc une idée du pouvoir prédictif des mesures instrumentales.

D.L.C. : Date Limite de Conservation. C'est la date jusqu'à laquelle la denrée conserve ses propriétés spécifiques dans des conditions de conservations appropriées. En vertu du code de la consommation, elle figure obligatoirement sur l'étiquetage des produits préemballés (= conditionnés à l'avance, avant la vente), accompagnée des conditions de conservations, notamment de température, à respecter.

DURÉE DE VIE RÉSIDUELLE : Durée de vie probable d'une viande, à l'issue d'une première phase de conservation. Ce terme est souvent employé pour désigner la durée de conservation possible au stade du détail, chez le distributeur et le consommateur, après le stockage de gros et/ou demi-gros.

ÉCHANTILLONNAGE : Choix des individus d'une population (animale, humaine) qui participeront à un sondage, en vue d'approcher avec précision la « performance » moyenne de la population.

ÉMOUSSAGE : Pratique réglementée, consistant à éliminer une partie des gras de couverture sur la ligne d'abattage des gros bovins.

E.S.B. : Encéphalopathie Spongiforme Bovine.

ESPACE COLORIMÉTRIQUE : Représentation de la multiplicité des couleurs par un espace à 3 dimensions, chaque couleur étant définie par 3 caractéristiques colorimétriques indépendantes. Encore appelé espace chromatique.

ÉTALON : Représentation matérielle d'une unité de mesure. Elle est spécialement conçue pour servir de « témoin » lors des opérations de contrôle des caractéristiques colorimétriques.

ÉTALONNAGE : Action d'étalonner. Vérifier, par comparaison avec un étalon, l'exactitude des indications d'un appareil de mesure. Etablir la standardisation d'un instrument.

ÉTAT D'ENGRASSEMENT : Quantité de gras externe, interne, intermusculaire et intramusculaire déposée par l'animal. Sur la carcasse, elle est appréciée selon une grille standardisée (classement EUROP) comprenant 5 classes, allant de 1 (très faible) à 5 (très fort).

ÉVALUATION SENSORIELLE : Voir Analyse sensorielle.

EXACTITUDE : Qualifie un système de mesure pour lequel les mesures individuelles réalisées sont très voisines de la valeur vraie de la grandeur à mesurer. Une méthode exacte est fidèle et juste.

FER : Oligo-élément minéral, qui joue un rôle essentiel dans le transport de l'oxygène et les mécanismes d'oxydation cellulaire.

FER HÉMINIQUE : Forme du fer majoritairement présente dans les produits carnés, notamment au sein des pigments sanguins et musculaires que constituent respectivement l'hémoglobine et la myoglobine. Il présente des avantages au plan de la santé humaine, car il est particulièrement bio-disponible et favorise l'assimilation du fer non héminique de la ration alimentaire (fer végétal, notamment). L'atome de fer peut prendre plusieurs formes différentes, par exemple :

- à l'état ferreux et lié à une molécule d'eau, dans la myoglobine réduite,
- également lié à une molécule d'eau, mais à l'état ferrique, dans la myoglobine oxydée,
- à l'état ferreux, une molécule d'oxygène remplaçant la molécule d'eau, dans la myoglobine oxygénée.

FIBRE (MUSCULAIRE) : Unité de base constituant le muscle ; c'est une cellule capable de se contracter et de se relâcher. Différents types de fibres se distinguent selon leur couleur, leur vitesse de contraction et leur source d'énergie préférentielle.

FIDÉLITÉ : Qualifie un système de mesure pour lequel les mesures individuelles réalisées sont très voisines entre elles. Ce système est donc répétable et reproductible.

FILIÈRE : Ensemble des opérateurs chargés d'assurer la production et la commercialisation de la viande de gros bovins (ou de veaux de boucherie).

FILTRE : Objet interposé sur le trajet d'un flux lumineux pour en modifier l'intensité et/ou la répartition spectrale*.

GLYCOGÈNE (MUSCULAIRE) : Réserve énergétique du muscle.

G.M.S. : Grandes et Moyennes Surfaces.

GRAS (= GRAISSE) : Tissu de l'organisme spécialisé dans le stockage de l'énergie. On distingue plusieurs types de gras selon leur localisation dans l'animal.

GRAS DE COUVERTURE : Gras sous-cutané.

« HEAT RING » : « Anneau de chaleur » en Anglais. Phénomène transitoire de double coloration d'un muscle, du fait d'un gradient de pH, lui-même dû à un gradient de température dans le muscle.

Le phénomène touche surtout les carcasses lourdes et bien conformées réfrigérées rapidement. Il a disparu 48 heures après la mort.

HÉDONIQUE : Se rapporte qu caractère plaisant ou déplaisant.

HÉMATOCRITE : Part du volume sanguin occupé par les globules rouges et les plaquettes (aussi appelés éléments figurés du sang, par opposition aux éléments liquides).

HÈME : Voir Pigment héminique*.

HÉMOGLOBINE : Protéine complexe formée de 4 globines combinées chacune à un hème dont le fer est à l'état ferreux. L'hémoglobine assure le transport de l'oxygène dans la milieu sanguin. Voir Pigment héminique.

HÉPATIQUE : Relatif au foie.

INCANDESCENTE : Relative à l'émission de rayonnement visible d'origine thermique.

ILLUMINANT : En langage courant, employé pour désigner n'importe quelle lumière tombant sur un objet, ainsi que la source de lumière elle-même.

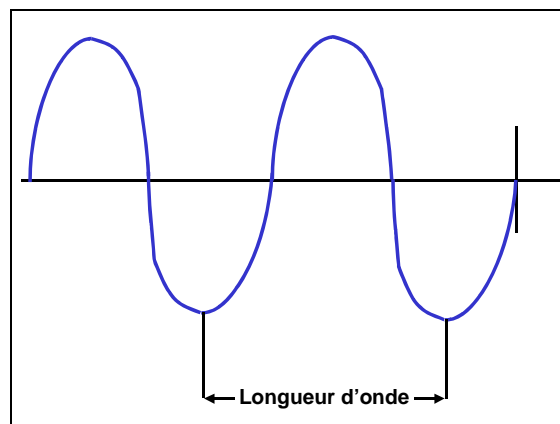
Au plan scientifique, plusieurs illuminants ont été spécifiés par la C.I.E., notamment l'illuminant C et l'illuminant D65, qui cherchent à reproduire la lumière moyenne du jour et qui sont classiquement utilisés par certains appareils de mesure de la couleur.

INFRAROUGE (RAYONNEMENT I.R.) : Rayonnement dont les longueurs d'onde sont supérieures à celles du rayonnement visible et inférieures à environ 1 nm.

IRISATION : Variété d'altération non uniforme de la couleur, caractérisée par l'apparition de reflets rappelant les couleurs de l'arc en ciel.

JUSTESSE : Qualifie un système de mesure pour lequel la moyenne des indications données est très voisine de valeur vraie de la grandeur à mesurer.

LONGUEUR D'ONDE : La lumière a des propriétés ondulatoires ; la longueur d'onde est la distance entre les crêtes de deux ondes adjacentes (ou entre deux points successifs en phase, dans la direction de propagation d'une onde). Les longueurs d'onde de la lumière s'expriment généralement en nanomètres (nm).



LUMIÈRE VISIBLE : Voir Rayonnement visible.

LUMINOSITÉ : Attribut de la sensation visuelle selon lequel une surface éclairée par une source lumineuse déterminée paraît émettre plus ou moins de lumière.

MARBRÉ : Qualificatif faisant usuellement référence aux gras intermusculaires.

MATURATION : Délai postérieur à l'établissement de la rigidité cadavérique, au cours duquel se produit un ensemble des phénomènes induisant un attendrissement progressif de la viande.

MATURER : Procéder à la maturation de la viande, en vue de son attendrissement.

MÉTABOLIQUE : Voir Métabolisme.

MÉTABOLISME : Ensemble de transformations biochimiques qui s'accomplissent dans un organisme vivant. Les réactions de synthèse constituent l'anabolisme et les réactions de dégradation le catabolisme.

METMYOGLOBINE : Forme oxydée, de couleur brune, de la myoglobine. Son développement en surface de la viande au cours de la conservation limite la commercialisation du produit.

MONOCHROMATIQUE : Se dit d'un rayonnement lumineux qui ne comporte que des radiations d'une même longueur d'onde.

MYOGLOBINE : Protéine complexe intracellulaire de la viande, constituée d'une protéine, la globine, et d'un hème au centre duquel se situe un atome de fer ferreux. Elle fixe facilement l'oxygène et sert à son transport ; elle se convertit alors en oxymyoglobine de coloration rouge soutenue.

Elle est le responsable majeur de l'oxygénation du muscle et de la pigmentation rouge de la viande de boucherie. Son instabilité à l'air et à l'oxygène la transforme en pigment brun, la metmyoglobine, dans laquelle le fer passe à l'état ferrique. Ce dérivé perd ses propriétés fonctionnelles de transporteur d'oxygène. La myoglobine se combine aussi avec les nitrites pour donner une nitrosomyoglobine, pigment de coloration rouge. Voir Chromoprotéine et Pigment héminique.

NANOMÈTRE (nm) : Unité de mesure souvent utilisée pour les longueurs d'onde de la lumière. $1 \text{ nm} = 10^{-9}$ mètre.

ORGANOLEPTIQUE : Synonyme de sensoriel.

OXYMYOGLOBINE : Forme oxygénée de la myoglobine, donnant à la viande son aspect rouge vif. Le maintien de la capacité du muscle à s'oxygéner en présence d'oxygène est l'un des grands enjeux de la conservation réfrigérée des viandes rouges.

PEROXYDATION : Oxydation poussée au maximum.

PERSILLÉ : Partie visible des gras présents dans la viande (gras intramusculaires).

pH : Unité de mesure du degré d'acidité d'un produit aqueux ou semi-aqueux, se mesurant sur une échelle de 1 (très acide) à 14 (très basique), 7 correspondant à un produit neutre. Le pH de la viande mesuré dans le faux-filet décroît en conditions normales, de 7 à 5,5-5,7 au cours des 24 à 48 heures après l'abattage.

pH ULTIME (pHu) : Valeur du pH atteinte après l'acidification du muscle, soit environ 48 heures *post-mortem*. Le pH ne bouge pratiquement plus par la suite, c'est pourquoi il est qualifié d'ultime.

Une estimation correcte peut en être réalisée 24 heures après l'abattage, voire dès 10 heures, si la carcasse est stimulée électriquement. En effet, la vitesse de chute du pH musculaire est alors plus rapide. Des pH ultimes trop élevés (> 6,0) ou trop bas (< 5,4) posent des problèmes, avec notamment des anomalies de couleur.

PIGMENT : Voir Colorant.

PIGMENT HÉMINIQUE : Protéine complexe associée à un hème coloré (molécule formée de 4 cycles entourant un ion métallique de fer ou de magnésium), telle que l'hémoglobine (pigment rouge du sang) ou la myoglobine (pigment rouge du muscle).

POISSAGE : Manifestation caractéristique de l'altération bactérienne des viandes conservées à l'air, se traduisant par l'apparition d'un enduit gluant.

POTENTIEL GLYCOLYTIQUE (DU MUSCLE) : Réserves énergétiques du muscles exprimées en potentiel de production d'acide lactique. Elles sont estimées par le dosage du glycogène musculaire et des produits de sa dégradation en acide lactique : glucose, glucose-6-phosphate et acide lactique, selon une formule établie en 1985 par MONIN et SELLIER :

$$[\text{Potentiel glycolytique}] = 2 \times ([\text{Glycogène}] + [\text{glucose}] + [\text{Glucose-6-phosphate}]) + [\text{acide lactique}].$$

POUVOIR PRÉDICTEUR : Capacité d'une méthode de mesure indirecte à rendre compte plus ou moins bien du critère initialement recherché. Cette notion intègre la précision de la méthode et l'intensité de la liaison entre l'indicateur mesuré et le critère étudié.

PRÉCOCITÉ : Aptitude d'un animal à atteindre rapidement son âge adulte.

PSEUDOMONAS : Bactéries aérobies strictes présentes sur les cuirs des animaux vivants, qui se retrouvent sur les carcasses après abattage. Représentant moins de 1% de la flore de contamination des carcasses lors de la pesée fiscale, elles deviennent largement dominantes lors d'une conservation à l'air, jusqu'à engendrer un phénomène de « poissage ».

RAYONNEMENT : Emission ou transport d'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques ou de particules, ou encore ces ondes magnétiques, électromagnétiques ou particules.

RAYONNEMENT VISIBLE : Rayonnement susceptible de produire directement une sensation visuelle. Les limites du spectre du rayonnement visibles sont imprécises et peuvent varier selon les observateurs. La limite inférieure se situe entre 380 et 400 nm et la limite supérieure entre 760 et 780 nm. Les extrémités du spectre visible sont bornées vers les courtes longueurs d'onde par les rayonnements ultraviolets, et vers les grandes longueurs d'onde par les rayonnements infrarouges.

RÉFLECTANCE (LUMINEUSE) : Rapport de la luminance lumineuse d'une surface non rayonnante par elle-même, à celle d'un diffuseur parfait par réflexion ou par transmission, irradié et observé dans les mêmes conditions.

RÉPÉTIBILITÉ : Aptitude d'une méthode à donner un résultat identique, lors d'une répétition effectuée dans les mêmes conditions expérimentales (notamment sur le même site du même muscle).

REPRODUCTIBILITÉ : Aptitude d'une méthode à donner un même résultats lors d'une répétition au cours de laquelle au moins une condition expérimentale a été modifiée (par exemple un changement de pointeur, lors d'un jugement visuel, ou un changement d'appareil pour une évaluation instrumentale).

RÉTINE : Membrane du fond de l'œil sensible aux stimuli lumineux, composée de photorécepteurs proprement dits (cônes et bâtonnets) et de cellules nerveuses, lesquelles transmettent au nerf optique l'excitation des photorécepteurs.

RIGIDITÉ CADAVERIQUE : = *Rigor mortis* en latin. Rigidification du muscle et perte définitive de son élasticité, suite à divers phénomènes se déroulant lors des 24 premières heures suivant l'abattage de l'animal.

SATURATION : Attribut de la sensation visuelle* permettant d'estimer la proportion de couleur chromatiquement pure contenue dans la sensation totale. Par « couleur chromatiquement pure », il faut entendre couleur correspondant à un rayonnement monochromatique. La saturation définit subjectivement le caractère plus ou moins « coloré » d'une source ou d'une surface, par opposition au blanc qui, par définition, est dépourvu de toute teinte propre.

SENSATION VISUELLE : Les sensations visuelles se traduisent par la perception de la lumière et de la couleur, dont les attributs essentiels sont caractérisés par la luminosité (lumière émise) et la clarté (lumière transmise) pour les impressions lumineuses, et la tonalité et la saturation pour les impressions de couleur.

SENSIBILITÉ : Se rapporte au seuil de détection.

SENSORIEL : Synonyme d'organoleptique.

STABILITÉ (DE LA COULEUR) : Aptitude de la viande à garder sa couleur rouge vif en surface, lors d'une conservation en présence d'oxygène. Elle dépend de la vitesse de développement de la metmyoglobine de couleur brune, suite à des phénomènes oxydatifs.

STIMULATION ÉLECTRIQUE : Méthode consistant à faire passer du courant électrique dans les carcasses pour accélérer la chute de pH et éviter une éventuelle contracture au froid en cas de réfrigération rapide. La stimulation électrique permet également d'éviter le phénomène de « heat ring ».

SOURCE LUMINEUSE : Surface ou objet d'où provient un rayonnement lumineux.

SPECTRAL : Adjectif qualifiant une grandeur variable selon la longueur d'onde.

SPECTRE (D'UN RAYONNEMENT) : Répartition spectrale d'un rayonnement complexe, résultant de la séparation de ses composantes monochromatiques.

SPECTRE VISIBLE : Ensemble des radiations monochromatiques constitutives des rayonnements visibles (lumière).

SPHÈRE D'INTEGRATION OU SPHÈRE INTEGRANTE : Sphère dont la surface intérieure est recouverte d'une peinture diffusante aussi peu sélective que possible et pourvue d'une fenêtre d'observation où se place un photomètre visuel ou physique. Un écran intérieur protège cette fenêtre du rayonnement directe de la source.

STIMULUS DE COULEUR :

Rayonnement, physiquement défini, qui pénètre dans l'œil et produit une sensation de couleur.

STIMULUS LUMINEUX :

Rayonnement, physiquement défini, qui pénètre dans l'œil et produit une sensation de lumière.

SULFOMYOGLOBINE : Dérivé de la myoglobine de couleur verte, produit accidentellement dans la viande. Il apparaît notamment dans les viandes à pH élevé stockées sous basses pressions d'oxygène.

SYSTÈMES TRICHROMATIQUES :

Tout système de spécification et de représentation des couleurs fondé sur le principe de la trivariance visuelle.

TEINTE : Attribut de la sensation visuelle qui a suscité des dénominations de couleurs telles que : bleu, vert, rouge, pourpre... Aussi appelée ton ou tonalité chromatique.

TRIVARIANCE VISUELLE (PRINCIPE DE LA) :

Principe selon lequel un rayonnement de couleur quelconque peut être reproduit visuellement à l'identique, dans des conditions d'observation déterminées, par le mélange (en proportions uniques) des flux lumineux de 3 rayonnements de couleur réels, qui peuvent être arbitrairement choisis, sous la seule réserve qu'aucun d'eux ne puisse être reproduit par un mélange approprié des deux autres.

ULTRAVIOLET (RAYONNEMENT) :

Rayonnement dont les longueurs d'onde sont inférieures à celles du rayonnement visible et supérieures à celles des rayons X.

U.V.C. : Unités de Vente au Consommateur. Il s'agit de viandes préemballées proposées au rayon libre service des G.M.S..

VIANDE À COUPE SOMBRE : Viande caractérisée par un pH élevé (supérieur à 6,0, voire à 5,8), une viande rouge sombre, un fort pouvoir de rétention d'eau et une moindre aptitude à la conservation. Une telle viande reste néanmoins consommable dans de brefs délais.

VIANDES D.F.D. : Dénomination anglo-saxonne des viandes à coupe sombre. En français « Dark, Firm, Dry » signifie « sombre, ferme, sec ».

VIANDES P.S.E. : Dénomination anglo-saxonne des viandes exsudatives. En français « Pale, Soft, Exsudative » signifie « pâle, molle, exsudative ».

VISION : Distinction de différences dans le monde extérieur, par les impressions sensorielles dues au rayonnement que l'œil perçoit. Encore appelée « perception visuelle ».