



# Noircissement des os de côtes de veau

**Les étapes du processus de fabrication peuvent influencer sur le noircissement des os de côtes de veau conditionnées en UVCI suroxygénées**

**Mots-clés :** Noircissement des os, Conservation des viandes, Oxydation, Raidissage, Couleur, Veau

**Auteurs :** Clémence Bièche<sup>1</sup>, Isabelle Legrand<sup>2</sup>, Françoise Turin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de l'Élevage, route d'Epinay sur Odon, 14310 Villers Bocage ; <sup>2</sup> Institut de l'Élevage, Maison Régionale de l'Agriculture du Limousin, boulevard des Arcades, 87060 Limoges Cedex 2.

\* E-mail de l'auteur correspondant : [clemence.bieche@idele.fr](mailto:clemence.bieche@idele.fr)

Le noircissement des os est un problème crucial dans l'industrie du veau de boucherie : lors de la conservation des côtes de veau en UVCI sous atmosphère suroxygénée, la moelle osseuse peut s'oxyder et ainsi noircir, rendant les produits délicats à commercialiser. La présente étude a permis d'observer l'impact de trois opérations du procédé de fabrication sur ce phénomène : le raidissage des carrés avant découpe des côtes, le délai entre l'abattage et la fente des carcasses, et la durée de maturation avant découpe et conditionnement des côtes. L'évolution de la couleur des os au cours de la conservation a été suivie par analyse sensorielle et par mesure au colorimètre.

## Résumé :

La filière veau utilise des conditionnements en UVCI sous atmosphères suroxygénées pour maintenir la couleur des viandes attractive. Cela peut provoquer un noircissement des os, dû à l'oxydation de la moelle osseuse. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de trois pratiques mises en œuvre lors de la découpe de carcasse de veau, sur le noircissement des os de côtes pendant leur conservation.

Ont été étudiés : le raidissage des carrés (refroidissement des carrés pour faciliter la découpe des côtes), le délai de fente (temps entre l'abattage et la fente de la carcasse), et la durée de maturation avant découpe des carrés et conditionnement des côtes. Deux essais ont été réalisés, l'un comparant 2 modalités de raidissage (20 min à -25°C et 1 nuit à -2°C), l'autre 2 délais de fente (1 et 3 jours) croisés avec 2 durées de maturation avant découpe et conditionnement des côtes (4 et 6 jours). Les côtes ont été conservées 8 jours à +2°C puis 3 jours à +8°C. Les observations ont eu lieu 3, 5, 7, 9, 11 jours après conditionnement. Le noircissement des os a été évalué par méthodes sensorielles (jury de professionnels) et instrumentales (Chromamètre CR 400).

Les résultats montrent que le raidissage est une étape clé vis-à-vis du noircissement des os : un raidissage d'une nuit à -2°C est préjudiciable par rapport à un raidissage de 20 minutes à -25°C. Par contre, le délai de fente ne semble pas avoir d'impact sur le phénomène : les deux délais (1 et 3 jours) peuvent donc être communément appliqués. Pour la maturation, l'allongement de 4 à 6 jours de la durée précédant la découpe des carrés dégrade légèrement la stabilité de la couleur des os.

Ainsi, la pratique d'un raidissage rapide associé à une durée de maturation courte devrait permettre de diminuer l'occurrence du noircissement des os lors de la conservation des côtes de veau.

## Abstract: Discoloration of veal ribs

Bone discoloration is a serious issue for the veal meat industry: storing veal ribs in a high-oxygen modified atmosphere packaging may result in bone marrow oxidation, therefore darkening the bone. This study dealt with the impact of three processing factors on bone discoloration during storage.

The cooling of the ribs (to facilitate slicing), the delay between slaughter and carcass cutting, the length of meat maturation before cutting and conditioning of the ribs were studied. Two trials were carried out: one compared two cooling methods (20 min at -25°C and 1 night at -2°C) and the other two different time intervals between slaughtering and carcass cutting (1 to 3 days) crossed with two different lengths of meat maturation before cutting and conditioning (4 to 6 days). The ribs were stored for 8 days at +2°C then 3 days at +8°C. Observations were made on days 3, 5, 7, 9 and 11 after conditioning. The discoloration of the bones was determined using sensorial (a professional jury) and instrumental (Colorimeter CR 400) methods.

The results show that cooling is an important step for bone discoloration: cooling for one night at -2°C is detrimental as compared to cooling for 20 minutes at -25°C. However, increasing maturation time does not seem to have an impact: both maturation times (1 and 3 days) can be used. Increasing meat maturation from 4 to 6 days before cutting slightly discolors the bones.

Therefore rapid cooling associated with a short maturation time should allow decreasing discoloration of bones during storage of veal ribs.

## CONTEXTE ET OBJECTIFS

Les attentes des distributeurs et des consommateurs sur la conservation des viandes vont dans le sens d'une augmentation de la durée de vie des produits. Ceci concerne notamment le maintien d'un aspect visuel attractif jusqu'à la date limite de consommation. Afin d'améliorer cet aspect, la filière utilise des conditionnements en UVCI (Unités de Vente au Consommateur Industrielles) sous atmosphère suroxygénée. Si ce type d'atmosphères permet de conserver une couleur rouge et désirable pour la viande, il provoque un problème d'altération visuelle des os de certains produits, comme les côtes de veau. Cette altération est due à l'oxydation de l'hémoglobine contenue dans la moelle osseuse et se traduit par un ternissement des os, voire un noircissement dans les cas extrêmes (1), laissant craindre d'importantes méventes pour la filière et des pertes de parts de marché. En effet, les couleurs des os et de la moelle osseuse de la viande peuvent servir d'indicateur de fraîcheur et de salubrité des produits pour certains consommateurs : la perte de la couleur rouge de l'os peut provoquer le rejet d'un morceau dont la viande est par ailleurs tout à fait acceptable commercialement (figure 1).

Les professionnels de la filière veau cherchent donc des solutions pour parer à ce phénomène. L'Institut de l'Élevage a été sollicité pour expérimenter des solutions applicables chez les industriels travaillant la viande de veau.

Aujourd'hui, peu de travaux scientifiques et techniques sont publiés sur les causes de l'apparition du noircissement de la moelle osseuse en filière viande, pour l'ensemble des animaux d'élevages. Parmi ces études, certaines s'intéressent à l'effet des différents conditionnements sur l'apparition du phénomène en fonction notamment des atmosphères utilisées (2 ; 3 ; 4). Mais la plupart traite de l'effet du traitement des os par des substances antioxydantes (4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11). Si les antioxydants donnent des résultats prometteurs, leur utilisation n'est pas envisageable pour les produits classés « viandes fraîches » (12). Seules deux études abordent les effets des traitements physiques sur le noircissement des os, démontrant que le froid impacte le phénomène (5 ; 13).

L'objectif de la présente étude est d'observer l'influence de certaines étapes du process comprises entre l'abattage et le conditionnement des côtes en UVCI sur le phénomène du noircissement des os. Les opérations retenues sont :

- le raidissage des carrés avant découpe des côtes, étape de refroidissement qui peut se révéler critique,
- le délai écoulé entre l'abattage et la fente de la carcasse, et la durée de maturation avant découpe des côtes, qui jouent sur l'âge des côtes au jour de leur découpe et de leur conditionnement, et pourraient agir sur la stabilité du pigment de la moelle osseuse.

**Figure 1 : Photographie de côtes de veau après 9 jours de conservation en UVCI (8 jours à 2°C + 1 jour à 8°C) sous atmosphère suroxygénée (70% O<sub>2</sub> + 30% CO<sub>2</sub>).**

*Côte de gauche : os non altérés, côte de droite : os noircis par oxydation*



## I. MATERIELS ET METHODES

### I.1. Conditions expérimentales

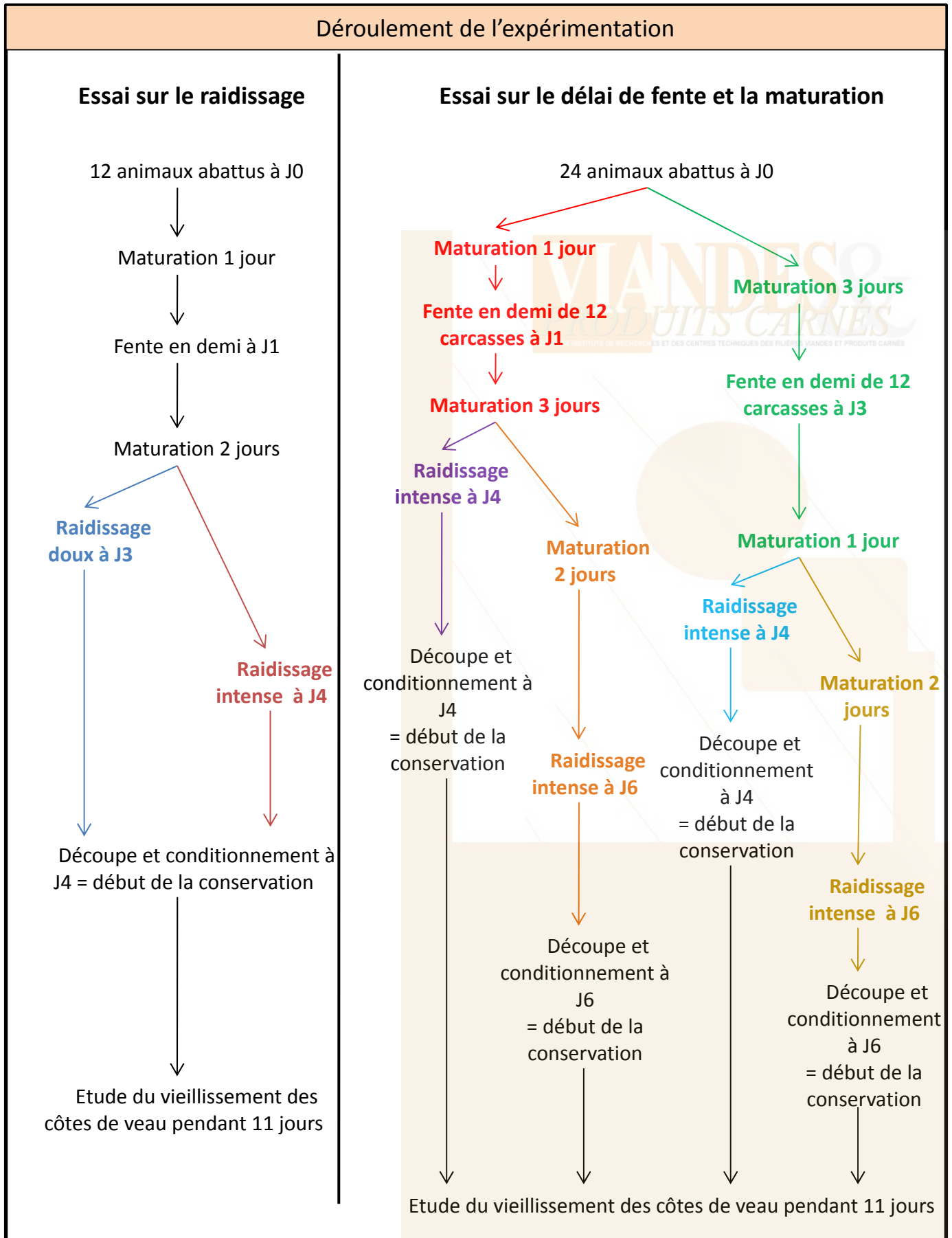
L'étude est divisée en deux étapes expérimentales :

- Essai 1 : Comparaison de 2 modalités de raidissage (refroidissement des carrés facilitant la découpe des côtes) intra-animal sur 12 veaux laitiers issus de 2 lots d'animaux, correspondant à 24 carrés simples : 20 min à -25°C dit « raidissage intense », qui est une pratique courante en industrie, et une nuit à -2°C dit « raidissage doux », correspondant à des données issues de la littérature scientifique (5) ;

- Essai 2 : Comparaisons croisées de 2 délais de fente (1 jour et 3 jours, correspondant au délai habituel en semaine et au délai appliqué aux animaux tués le vendredi) et de 2 durées de maturation avant découpe des carrés (4 jours et 6 jours, communément appliqués dans la filière veau) sur 24 veaux laitiers (48 carrés) issus de 4 lots d'animaux.

Dans les deux essais, 8 côtes secondes ont été prélevées par carré simple de l'effectif expérimental. Elles ont été conditionnées individuellement en UVCI sous atmosphère suroxygénée classique (70% O<sub>2</sub> + 30% CO<sub>2</sub>) et conservées à +2°C pendant 8 jours, puis à +8°C pendant 3 jours pour simuler la rupture de la chaîne du froid chez le consommateur. Elles ont été observées après 3, 5, 7, 9 et 11 jours de conservation (notés J+3, J+5, J+7, J+9 et J+11) selon la répartition suivante pour chaque modalité testée : une côte par carré à J+3 et J+5, et deux côtes par carré à J+7, J+9 et J+11, avec une répartition aléatoire des côtes de chaque carré aux différentes échéances (d'après les résultats obtenus sur le porc, il avait été anticipé que plus la conservation serait longue plus les différences de couleur des os seraient significatives (5)). Le protocole expérimental est résumé dans la figure 2.

Figure 2 : Schéma du protocole expérimental



## I.2. Analyses des échantillons

Les produits ont été analysés aux niveaux sensoriels et instrumentaux.

- Analyse sensorielle : les évaluations sensorielles ont été réalisées par un jury de 4 professionnels sur 2\*12 côtes à J+3 et J+5, et 4\*12 côtes à J+7, J+9 et J+11 lors de l'essai 1, et 2\*24 côtes à J+3 et J+5, et 4\*24 côtes à J+7, J+9 et J+11 lors de l'essai 2. Elles décrivent en parallèle l'évolution de l'acceptabilité de la couleur des os et de l'impression globale des échantillons : couleur des viandes, exsudat, odeur, impression générale. Quel que soit le critère les notes vont de 1 (inacceptable) à 5 (excellente conservation), 3 étant la limite d'acceptabilité (tableau 1). Ces analyses ont été faites à l'aveugle, sur échantillons codés, avant et après ouverture des barquettes. Les notes d'un produit correspondent à la moyenne des notes données par le jury, pour chaque critère.

- Colorimétrie : L'évolution de la couleur des os a été aussi suivie par des mesures au Chromamètre CR 400

(Minolta), aux mêmes échéances et sur les mêmes côtes ayant servi à l'analyse sensorielles. Trois mesures de couleur d'os ont été effectuées par côtes (dessus, dessous et tranche), la moyenne des trois donnant la mesure de la couleur de l'os par échantillon. L'appareil mesure la couleur de surface des produits, et donne un résultat exprimé dans le système CIE 1979 ( $L^*a^*b^*$ , avec  $L^*$  représentant la clarté,  $a^*$  l'axe rouge-vert et  $b^*$  l'axe jaune-bleu). Raines et ses collaborateurs (4) ont mis en évidence que le rapport  $a^*/b^*$  est un bon indicateur de la couleur des os : une diminution de  $a^*/b^*$  indique une dégradation de celle-ci. Ce rapport est donc utilisé dans cette étude pour suivre l'évolution de la couleur des os des échantillons observés.

Ces données ont été analysées statistiquement en réalisant une analyse de variance à l'aide de la procédure MIXED du logiciel SAS (seuil de significativité :  $P < 0,05$ ).

**Tableau 1 : Barèmes de notation des échantillons de côtes de veau lors de leur conservation**

Notes / Critères	5	4	3	2	1
Couleur de la viande	Couleur « fraîche », uniforme, aucune tache, brillante	Couleur terne mais encore attractive	Couleur « passée » mais non rédhibitoire	Couleur non acceptable sans être rebutante	Complètement marron, voire verte, totalement rédhibitoire
Couleur des os	Os parfait, très frais	Os légèrement gris	Os gris ou localement noirci, mais encore acceptable	Os localement noirci, non acceptable	Os noirci, complètement passé
Odeur (après ouverture)	Normale ou absente	Normale mais plus forte	Douteuse	Altérée (suspecte)	Nettement altérée (malsaine)
Exsudat (avant ouverture)	Aucun	Quelques gouttes dans la barquette ou sur la viande	Moyen	Important	Le produit "baigne dans son jus"
Impression générale	Conservation parfaite	Encore tout à fait correct	Limite d'acceptabilité	Produit rejeté	Carrément répugnant

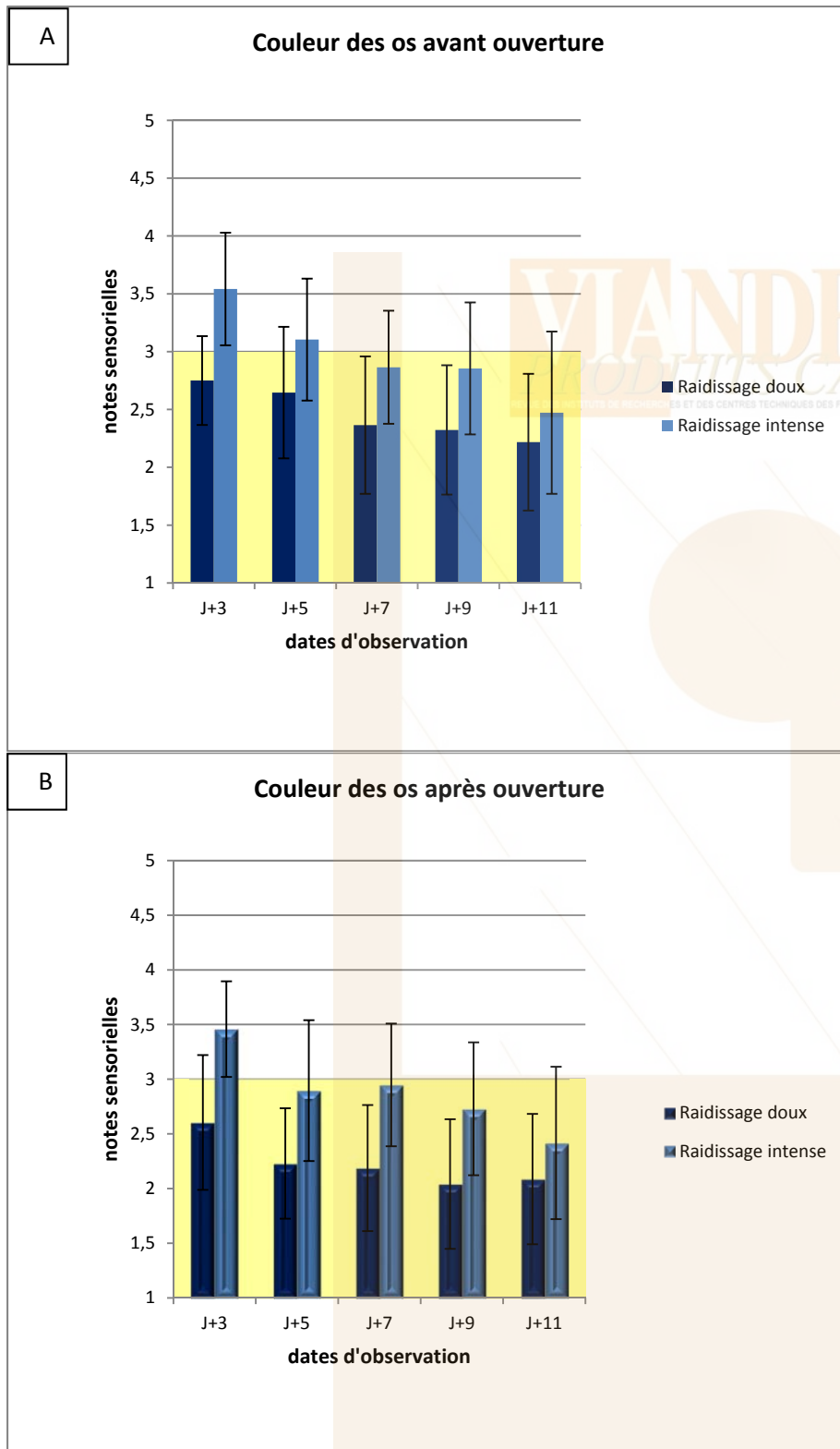
## II. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### II.1. Essai 1 : Effet de l'intensité du raidissage

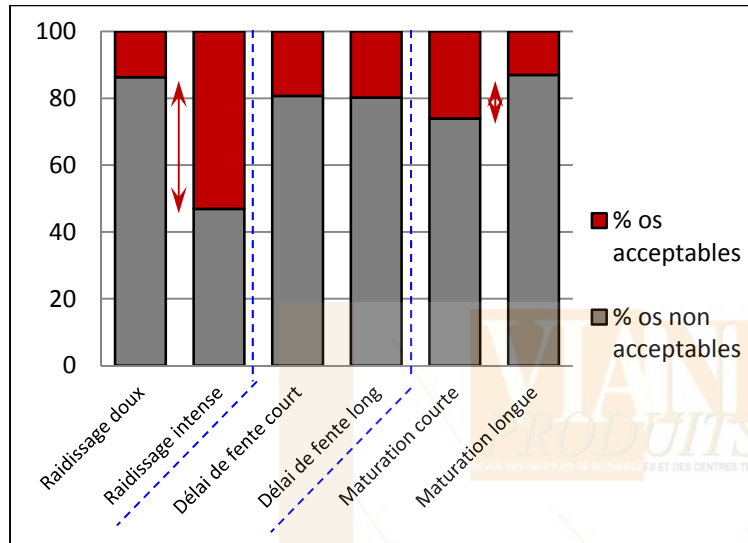
Les résultats montrent clairement que le raidissage est une étape clé vis-à-vis du problème du noircissement des os (figure 3). En effet un refroidissement des carrés avant découpe durant une nuit à  $-2^{\circ}\text{C}$  est préjudiciable par rapport à un raidissage de 20 minutes à  $-25^{\circ}\text{C}$  : l'écart moyen des notes de couleur des os, sur la totalité de la durée de conservation, est de 0,66 points, sur une échelle de 1 à 5, en faveur du raidissage le plus rapide. L'effet du raidissage sur les notes de couleur des os est statistiquement significatif :  $P < 0,01$  et  $F = 19,16$ . La couleur des os présente des notes

moyennes qui chutent entre J+ 3 et J+11 : de 2,75 à 2,22 pour le raidissage doux et de 3,54 à 2,47 pour le raidissage intense avant ouverture des UVCI ; de 2,60 à 2,04 pour le raidissage doux et de 3,46 à 2,42 pour le raidissage intense après ouverture des UVCI. On observe que dès J+3 les os des côtes ayant subi le raidissage doux sont globalement en dessous du seuil d'acceptabilité. Ainsi, sur l'ensemble des 5 dates d'observation, 53,1 % des produits issus du raidissage intense ont des os acceptables, face à seulement 13,7% pour les produits issus du raidissage doux (figure 4).

**Figure 3 :** Notes sensorielles moyennes de la couleur des os en fonction du raidissage appliqué, avant l'ouverture des conditionnements (A) et après l'ouverture des conditionnements (B)



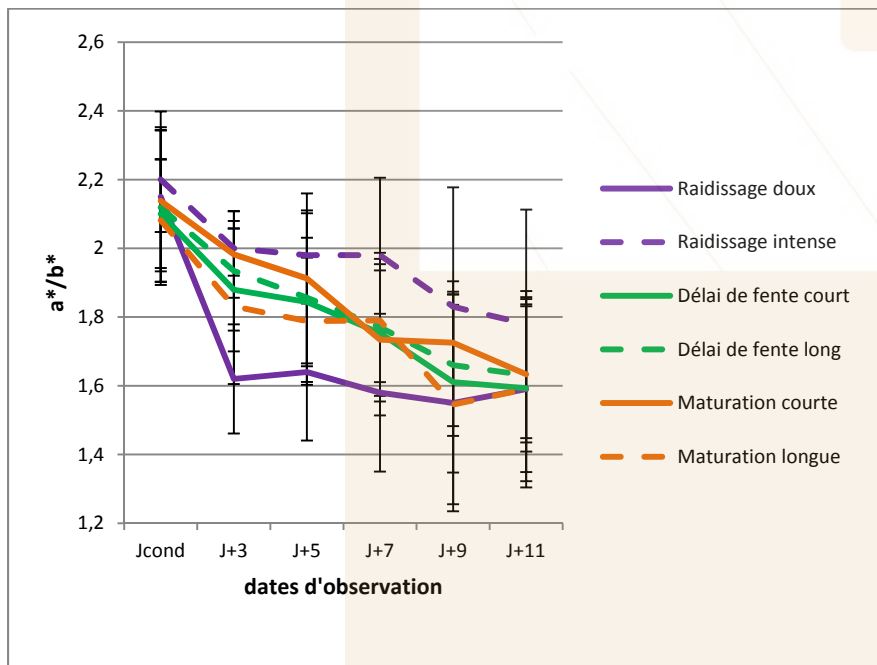
**Figure 4 : Acceptabilité globale de la couleur des os de côtes de veau (% de notes supérieures ou égale à 3 pour le critère « couleur des os ») selon le traitement subi, sur l'ensemble des dates d'observation**



Ces observations sensorielles sont confirmées par l'évolution des rapports  $a^*/b^*$  des os mesurés au Chromamètre : la moyenne des rapports  $a^*/b^*$  sur toute la durée de l'observation est égale à 1,69 pour le raidissage doux contre 1,96 pour le raidissage intense (l'effet du

raidissage sur les valeurs de  $a^*/b^*$  est significatif :  $P < 0,01$  et  $F = 19,31$ ). De plus, les valeurs  $a^*/b^*$  relatives au premier traitement sont systématiquement inférieures à celle du second, quelle que soit la date d'observation (figure 5).

**Figure 5 : Mesure du noircissement des os au Chromamètre : moyennes de  $a^*/b^*$  des os lors de la conservation des côtes**



L'étude de Nicolalde et ses collaborateurs (13) montre que le froid négatif est néfaste pour le maintien de la couleur rouge de la moelle osseuse. Il est donc possible, dans le cas présent, que les vertèbres aient pu protéger la moelle osseuse du froid lors du traitement de 20 minutes à  $-25^{\circ}\text{C}$ , lui conférant ainsi une meilleure stabilité vis-à-vis de l'oxydation, par rapport aux carrés ayant été raidis une nuit à  $-2^{\circ}\text{C}$  (la durée de ce traitement étant suffisante pour

uniformiser la température dans l'ensemble de produit, moelle osseuse incluse).

Par ailleurs, les modalités de raidissage testées ne semblent pas avoir d'effet sur la couleur de la viande ni sur la quantité d'exsudat. En revanche, le raidissage rapide a un léger impact significatif ( $P = 0,033$  et  $F = 5,18$ ), dans le sens positif, sur l'odeur des côtes (moyenne des notes sur l'ensemble des dates d'observation plus élevée de 0,29

points par rapport à celle du raidissage doux), surtout en début de conservation.

Les notes d'impression générale des côtes, que ce soit avant ou après ouverture des barquettes, présentent les mêmes évolutions que celles de couleurs des os (figure 6). Elles leur restent cependant supérieures tant que les notes de

couleur de viande et d'odeur sont satisfaisantes, lesquelles demeurent les principaux facteurs limitant de l'acceptabilité d'un échantillon. La couleur des os, quoique de moindre importance, module néanmoins l'appréciation de la qualité commerciale des côtes de veau.

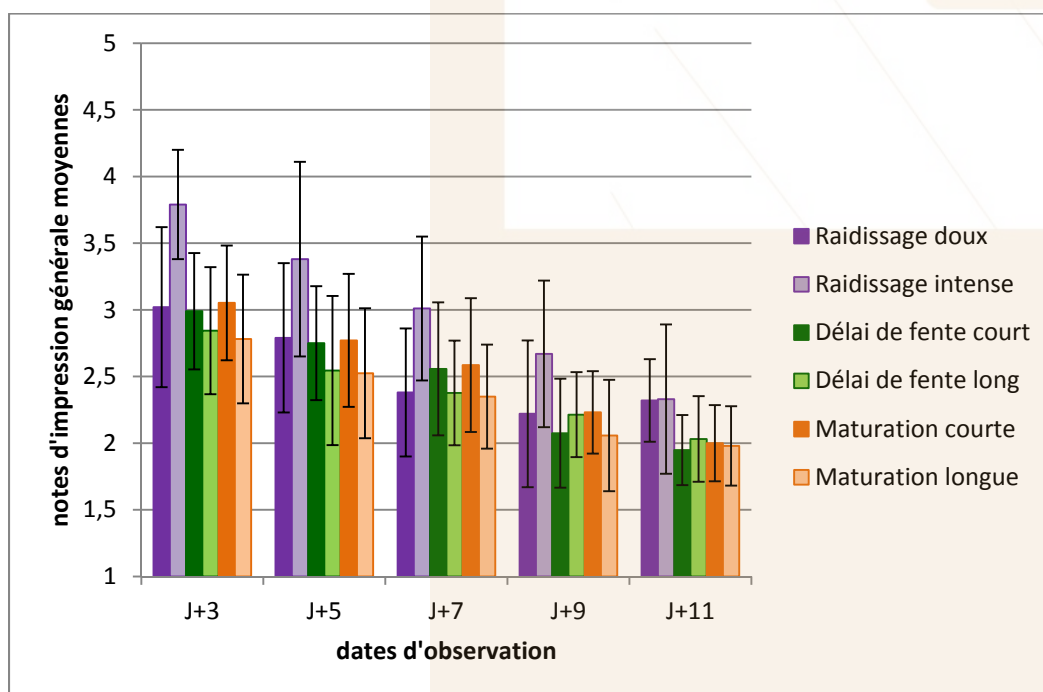
## **II.2. Essai2 : Conséquences des allongements du délai de fente et/ou de la durée de maturation**

Concernant le délai de fente, les conséquences de son allongement sont négligeables sur la stabilité de la couleur des os (figures 4 et 5). En effet, sur toute la durée du vieillissement, les valeurs moyennes des notes sensorielles de la couleur des os sont égales à 2,43 pour le délai de fente court et de 2,40 pour le délai de fente long. Ceci est confirmé par les mesures instrumentales, dont les valeurs moyennes de  $a^*/b^*$  respectives sont de 1,80 et 1,82. Ces différences ne sont pas significatives étant données la précision des mesures effectuées.

On observe un léger effet négatif significatif de l'allongement de 4 à 6 jours du temps de maturation des carrés sur la stabilité de la couleur des os (figures 4 et 5). De fait, sur l'ensemble de l'essai, les valeurs moyennes des notes de couleur des os passent de 2,52 pour 4 jours à 2,31 pour 6 jours. Quant aux valeurs moyennes des mesures instrumentales de  $a^*/b^*$ , elles passent respectivement de 1,85 à 1,77. Cette différence n'est pas significative pour les mesures au Chromamètre, mais va dans le sens de l'évolution des notes d'analyse sensorielle. L'effet délétère de la maturation est nettement moins marqué que celui du raidissage « doux », mais est tout de même significatif au plan statistique ( $P = 0,019$  et  $F = 5,97$ ).

Les effets sur les autres critères sensoriels observés sont variables : l'augmentation de 48 h de la durée de maturation avant découpe est préjudiciable à la couleur de la viande (diminution des notes moyennes de 3,16 à 2,88, avec  $P < 0,01$  et  $F = 58,47$ ), l'odeur est influencée positivement par une maturation courte (note moyenne plus élevée de 0,23 points, avec  $P < 0,01$  et  $F = 8,28$ ), l'allongement du délai de fente à 3 jours diminue la quantité d'exsudat (augmentation des notes moyennes de 3,96 à 4,39, avec  $P = 0,016$  et  $F = 6,25$ ). En conséquence, ces différences ainsi que celles observées sur l'acceptabilité de la couleur des os, modulent l'impression générale des produits et donc le jugement global de l'observateur sur ces échantillons (figure 6) : la maturation courte permet d'obtenir des produits légèrement mieux notés jusqu'à 9 jours de conservation sous forme conditionnée. De même, un court délai de fente conduit à de meilleures performances jusqu'à 7 jours de conditionnement. Ces observations sont à relativiser : les conséquences des variations du délai de fente et de la durée de maturation sur la qualité des côtes de veau sont beaucoup moins fortes que celles de la durée de conservation, et moins importantes que celle des modalités de raidissage.

**Figure 6 : Notes moyennes de l'impression générale des produits après ouverture des conditionnements**



## CONCLUSION

Au vu de ces résultats, le froid reçu par les carrés de côtes lors du raidissage est un facteur clé du noircissement des os. Afin de limiter ce phénomène tout en assurant une bonne qualité du tranchage des côtes (c'est-à-dire une rigidification satisfaisante de la viande), il faut favoriser des raidissages rapides, où le froid n'a pas le temps d'atteindre la moelle osseuse. Le barème industriel à -25°C pendant 20 minutes, qui est répandu dans la filière et satisfaisant pour les utilisateurs par rapport à la qualité de tranchage, permet une meilleure stabilité de la couleur des os que le barème issu de la littérature à -2°C pendant une nuit. Les pratiques

de la filière devraient donc s'orienter vers des raidissages rapides et intenses (sans passer en dessous de -25°C, au risque de diminuer l'effet protecteur au froid des vertèbres). De même, les durées de maturation relativement courtes (maximum 4 jours) avant conditionnement, permettent de diminuer les occurrences de noircissement des os lors de la conservation des côtes de veau sous atmosphère suroxygénée. Les deux délais de fente des carcasses testés ici peuvent être communément appliqués lors de la fabrication des UVCI de côtes de veau, sans conséquence globale sur la couleur des os du produit.

## Bibliographie

- 1] Mancini R. A. and Hunt M. C. (2005a) Current research in meat color, *Meat Science* (71), p 100-121
- 2] Grobbel J. P., Dikeman M. E., Smith J. S., Kropf D. H. and Milliken G. A. (2006a) Effects of polyvinyl chloride overwrap film, high-oxygen modified atmosphere packaging, or ultra-low-oxygen modified atmosphere packaging on bone marrow discoloration in beef humerus, rib, thoracic vertebra and scapula, *Journal of Animal Science* (84), p 694-701
- 3] Mancini R. A., Hunt M. C., Hachmeister K. A., Kropf D. H. and Johnson D. E. (2005b) Exclusion of oxygen from modified atmosphere packages limits beef rib and lumbar vertebrae marrow discoloration during display and storage, *Meat Science* (69), p 493-500
- 4] Raines C. R., Dikeman M. E., Grobbel J. P. and Yancey E. J. (2006) Effects of ascorbic acid and Origanox™ in different packaging systems to prevent pork lumbar vertebrae discoloration, *Meat Science* (74), p 267-271
- 5] Bozec A., Vautier A. and Le Roux A. (2009) Noircissement des os : quels sont les facteurs de risques ?, *TechniPorc* (32), p 3-8
- 6] Grobbel J. P., Dikeman M. E., Yancey E. J., Smith J. S., Kropf D. H. and Milliken G. A. (2006b) Effects of ascorbic acid, rosemary, and Origanox™ in preventing bone marrow discoloration in beef lumbar vertebrae in aerobic and anaerobic packaging systems, *Meat Science* (72), p 47-56
- 7] Mancini R. A., Hunt M. C., Hachmeister K. A., Kropf D. H. and Johnson D. E. (2004) Ascorbic acid minimizes lumbar vertebrae discoloration, *Meat Science* (68), p 339-345
- 8] Mancini R. A., Hunt M. C., Seyfert M., Kropf D. H., Hachmeister K. A., Herald T. J. and Johnson D. E. (2006) Effect of antioxidant solubility and concentration on discoloration of beef vertebrae marrow during display, *Journal of Food Science* (71), p 489-494
- 9] Mancini R. A., Hunt M. C., Seyfert M., Kropf D. H., Hachmeister K. A., Herald T. J. and Johnson D. E. (2007a) Comparison of ascorbic acid and sodium erythorbate: effects on the 24h display colour of beef lumbar vertebrae and longissimus lumborum packaged in high-oxygen modified atmospheres, *Meat Science* (75), p 39-43
- 10] Mancini R. A., Hunt M. C., Seyfert M., Kropf D. H., Hachmeister K. A., Herald T. J. and Johnson D. E. (2007b) Effects of ascorbic and citric acid on beef lumbar vertebrae marrow colour, *Meat Science* (76), p 568-573
- 11] Nicolalde C., Stetzer A. J., Tucker E. M., McKeith F. K. and Brewer S. (2006) Antioxidant and modified atmosphere packaging prevention of discoloration in pork bones during retail display, *Meat Science* (72), p 713-718
- 12] Règlement (CE) n°853/2004 du Parlement Européen et du Conseil fixant les règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:226:0022:0082:FR:PDF>
- 13] Nicolalde C., Stetzer A. J., Tucker E. M., McKeith F. K. and Brewer S. (2005) Development of a model system to mimic beef bone discoloration, *Journal of Food Science* (70), p C575-C580