













## **Encadré 2 : La méthode retenue pour l'expérimentation**

L'étude a comparé 5 modalités d'UVC suroxygénées variant par la nature de la composition gazeuse et/ou le volume d'espace de tête. Toutes les modalités ont été comparées intra-animal, afin de s'affranchir de l'effet « animal » que l'on sait majeur pour la conservation des viandes. La comparaison a été répétée sur 15 animaux différents, au cours d'une seule et même expérimentation pour une plus grande puissance statistique.

Les UVC ont été évaluées sur leurs performances microbiologiques, commerciales et sensorielles pour une Date Limite de Consommation (DLC) de 12 jours, au travers des contrôles réalisés avant le conditionnement ou dans la seconde moitié de la durée de vie, principalement après 6, 8, 10 ou 14 jours de conservation, ainsi que détaillé en Tableau 2. Parmi les contrôles figuraient :

- des analyses bactériologiques de type cœur/surface avec dénombrement (selon les normes AFNOR en vigueur) de la flore aérobique mésophile, de la flore lactique, des *Pseudomonas*, des entérobactéries et de *Brochotrix thermosfacta*,

- des mesures de couleur selon le système CIELAB (L\*, a\*, b\*) à l'aide d'un Chromamètre Minolta CR400, l'indice de rouge a\* étant un bon indicateur du degré de fraîcheur apparent de la viande,

- des spectres de réflectance au spectrophotomètre, avec calculs d'index indicateurs de la couleur de la viande,

- les pertes de masse des tranches durant la conservation,

- l'analyse sensorielle (olfactive et visuelle) de la qualité commerciale des UVC avant et après leur ouverture à 6, 8 ou 10 jours, par un jury de 3 à 4 juges entraînés selon une méthodologie interne à l'Institut de l'Élevage,

- l'appréciation de l'acceptabilité commerciale des 5 types d'UVC par 12 consommateurs, au travers d'un classement visuel de préférence des barquettes sans ouverture de ces dernières, après 8 jours de conservation (au 2/3 de la DLC),

- l'évaluation sensorielle de la qualité des viandes cuites (appréciation des odeur, tendreté, jutosité, flaveur, satisfaction globale et classement de qualité en 4 classes : produit non satisfaisant, courant, bon ou de qualité supérieure) par un jury de 164 consommateurs, à la même date que précédemment (8 jours), en prenant en compte une viande témoin provenant des mêmes animaux et conservée sous vide pendant la même durée ; les viandes ont été évaluées en monadique séquentiel, après cuisson grillée sur plaque chauffante.

D'autres contrôles, non évoqués dans cet article, constituaient plutôt des éléments explicatifs des qualités étudiées, avec le suivi de la composition gazeuse des atmosphères testées, des mesures de pH, des teneurs en lipides, en fer héminique et en carbonyles, ainsi que des TBA-RS dans les viandes.

## **Encadré 3 : Matériel et matériaux de conditionnement utilisés**

La machine permettant le conditionnement sous atmosphère était une operculeuse OPE 1000 C fournie par l'entreprise Guelt, partenaire du projet ATMO.

La bobine de film d'opercule était fournie par Linpac, de référence LINTOP PE HB A40. Il s'agissait d'un film multi-couches composé de :

- OPP : polypropylène qui présente une bonne résistance mécanique et une bonne soudabilité

- PE : polyéthylène qui est un matériau soudable également, garantissant un bon operculage du film sur la barquette,

- EVOH : Ethylène alcool vinylique, qui est barrière aux gaz et garantit l'étanchéité de la barquette.

Les barquettes ont été fournies par Form'Plast, avec deux volumes différents selon les modalités d'UVC testées :

- pour les modalités 1, 3 et 5 (Tableau 1), il s'agissait du volume courant (référence : PS EVOH PE Blanc 1100µ, SO 2350), d'environ 1725 cm<sup>3</sup> (15 x 23 x 5 cm)

- pour les modalités 2 et 4, le volume était moindre avec 1035 cm<sup>3</sup> (15 x 23 x 3 cm), du fait d'une plus faible profondeur (référence : PS EVOH PE Blanc 1100µ, SO 2330), ce qui représente 60% du volume précédent (à vide).

Ces barquettes comprennent du PE et de l'EVOH, ainsi que du PS (polystyrène), pour ses propriétés de résistance mécanique et de rigidité. Les contenants ici employés étaient particulièrement rigides, afin de limiter les phénomènes de rétraction lors de la conservation des UVC, surtout pour les UVC de moindre volume. Toutes les barquettes étaient garnies d'un buvard (non initialement intégré au contenant) sur lequel la viande était déposée.

Les 3 gaz (gamme ALIGAL) et le mélangeur ternaire (MG 50-3 ME EEX) permettant la réalisation des mélanges gazeux ont été fournis par l'Air Liquide.

#### **Encadré 4 : Détail des performances comparées des 5 atmosphères suroxygénées**

##### **Les deux modalités M2 (70/30 V2) et M3 (55/30 V1) apparaissent très proches**

Ceci est valable pour la très grande majorité des paramètres. Ce sont les conditionnements les mieux positionnés pour l'aspect commercial évalué au plan sensoriel par un jury entraîné ou par un jury d'une douzaine de consommateurs (Figures 1 & 2), ainsi qu'au plan instrumental pour la couleur de la viande. Il en est de même pour la qualité bactériologique (Figures 4 & 5).

En revanche, ces modalités se placent de façon intermédiaire pour les qualités en bouche évaluées par les 164 consommateurs naïfs.

La proximité des performances des deux modalités M2 et M3 pose question. Une publication de Raines et *al.* (2007) sur l'activité du monoxyde de carbone dans l'espace de tête d'un conditionnement sous atmosphère modifiée pourrait donner un début d'explication. Cette publication indique que la simple disponibilité en molécule de monoxyde de carbone n'est pas le déterminant majeur de la formation de carboxymyoglobine en surface de la viande. A même disponibilité, une teneur accrue du gaz et un espace de tête réduit semblent être plus efficaces que le contraire. Bien qu'il soit ici question d'oxygène et non pas de monoxyde de carbone, peut-être est-il possible que les quantités d'oxygène disponible et espace de tête réduits de la modalité M2 s'avèrent plus efficaces que ceux, plus importants, de la modalité M3.

##### **La modalité M4 (55/30 V2) se situe en position intermédiaire, plutôt basse**

De fait, pour l'essentiel des paramètres, ce conditionnement ne diffère pas de la modalité la moins bien positionnée.

##### **La modalité témoin M1 (70/30 V1) est en position peu favorable**

Considérée comme témoin, puisque majoritairement employée par les industriels de la viande, cette modalité est très proche de la précédente, avec une position intermédiaire qui ne diffère pas de la modalité la moins bien positionnée. Elle a les moyennes brutes les plus défavorables pour la couleur du gras jugé avant ouverture de l'UVC, la qualité bactériologique (Figures 4 & 5) et l'attractivité commerciale jugée par 12 consommateurs (Figures 1 & 2). Sur ce dernier point, elle est en dernière position avec la modalité M5 (40/30 V1) et significativement inférieure aux 3 autres modalités. Les 164 consommateurs évaluant les perceptions des viandes en bouche l'ont positionnée en avant-dernière place et en dernière place pour la jutosité.

La proximité des performances des modalités M1 (70/30 V1) et M4 (55/30 V2) est difficile à expliquer, car la première dispose de nettement plus d'oxygène que la seconde (plus forte teneur et plus grand volume gazeux). Ces résultats posent aussi la question de la pertinence de la référence actuelle (M1), même si les écarts entre modalités testées sont faibles.

##### **La modalité M5 (40/30 V1) présente un positionnement variable**

Les performances relatives de cette dernière modalité comportant la plus faible teneur en oxygène (40%), dépendent du paramètre considéré. Elle se positionne presque toujours en dernière position pour l'aspect commercial évalué par le jury d'experts et pour la couleur instrumentale, toujours différente de la modalité la mieux placée. Elle se situe en avant dernière position pour l'attractivité commerciale jugée par les 12 consommateurs (Figures 1 & 2), ainsi que pour la bactériologie (Figures 4 & 5) ; elle est fréquemment différente de la meilleure modalité pour ces critères. En revanche c'est la modalité la mieux positionnée des 5 pour les moyennes brutes des critères évalués par les consommateurs à la dégustation. Si cette position favorable n'est pas significative, elle est néanmoins systématique. L'importance de l'écart avec la modalité sous vide a peut-être réduit la perception des écarts entre les modalités suroxygénées.

Les résultats relatifs à cette dernière modalité confirment dans une certaine mesure les connaissances actuelles : un taux d'oxygène de 40% n'est sans doute pas suffisant pour maintenir l'attractivité du produit, mais il va dans le sens d'une meilleure préservation des qualités en bouche.



## CONCLUSION

L'expérimentation montre sans surprise que le développement microbiologique n'est pas le facteur limitant de la durée de vie de steaks de bœuf conditionnés sous atmosphère suroxygénée. Par contre, l'altération progressive de la couleur impacte l'acceptabilité commerciale de la viande. Ainsi, les steaks sont encore acceptables après 10 jours à l'étal, mais jugés invendables après 14 jours.

Résumer les résultats relatifs à la comparaison des 5 types d'UVC suroxygénées est difficile du fait du grand nombre de paramètres étudiés comme l'acceptabilité commerciale, les qualités en bouche, la charge microbienne ou encore la stabilité oxydative de la viande. Chacune des 5 UVC semble avoir ses avantages et ses inconvénients, si bien que globalement aucune des 5 UVC ne ressort nettement plus performante que les autres. Il semble donc difficile de maximiser les bénéfices du conditionnement sous atmosphère suroxygénée.

Concernant la composition en gaz, une teneur en oxygène de 40% apparaît insuffisante pour préserver les qualités de la viande durant la distribution de détail. Par contre, il semble possible de réduire le taux d'oxygène du classique 70% à 55% dans le conditionnement, sans détérioration majeure.

Concernant le volume de gaz, les résultats montrent qu'il pourrait être intéressant de réduire l'espace de tête avec le

mélange habituellement employé (70% O<sub>2</sub>/30% CO<sub>2</sub>). Comme les consommateurs semblent apprécier les barquettes moins profondes, de telles barquettes pourraient être plus largement utilisées qu'aujourd'hui au plan industriel, pour réduire les impacts économiques et environnementaux du conditionnement de la viande de bœuf. Cette étude confirme la possibilité de le faire sans perte de performance et sans pour autant recourir à des technologies et matériels plus sophistiqués qu'à l'ordinaire. Seule la rigidité des barquettes avait été ici légèrement renforcée pour limiter une éventuelle déformation durant la conservation, du fait du moindre volume gazeux employé.

Enfin, les viandes conditionnées sous vide et utilisées comme témoin sont les préférées des consommateurs pour toutes les qualités évaluées en bouche. Ce résultat, en accord avec ceux d'autres équipes (Seyfert et al., 2005 ; Grobbel et al., 2008 ; Hansen et al., 2008 ; Aaslyng et al., 2010 ; Lagerstedt et al., 2011), indique que le conditionnement sous atmosphères suroxygénées n'est probablement pas le meilleur moyen de satisfaire les consommateurs et de les fidéliser. Ceci pourrait (ou devrait) encourager l'industrie de la viande à s'interroger sur le type de conditionnement à privilégier pour la viande de bœuf fraîche proposée à la distribution.

## Références :

- Aaslyng M.D., Torngren M.A., Madsen N.T. (2010). Scandinavian consumer preference for beef steaks packed with or without oxygen. *Meat Science* 85, 519-524.
- Faustman C., Cassens R.G. (1990). The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *Journal of Muscle Foods*, 1, 217-243.
- Grobbel J.P., Dikeman M.E., Hunt M.C., Milliken G.A. (2008). Effects of packaging atmospheres on beef instrumental tenderness, fresh color stability, and internal cooked color. *Journal of Animal Science*, 86, 1191-1199.
- Hansen S., Ertbjerg P., Hviid M.S., Karlsson A.H. (2008). Does modified atmosphere packaging affect particle size and hardness of pork ? In: *Proceedings of the 54<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology*, South Africa, Session 3A.6, 3 pages.
- Jackobsen T.C., Bertelsen G. (2000). Colour stability and lipid oxidation of fresh beef: Development of a response surface model for predicting the effects of temperature, storage time, and modified atmosphere composition. *Meat Science*, 54, 49-57.
- Kim Y.H., Huff-Lonergan E., Sebrank J.G., Lonergan S.M. (2010). High-oxygen modified atmosphere packaging system induces lipid and myoglobin oxidation and protein polymerization. *Meat Science*, 85, 759-767.
- Kim Y.H.B., Bødker S., Rosenvold K. (2011). High-oxygen modified atmosphere packaging induced protein polymerization of myosin heavy chain and decreased tenderness of ovine *M. longissimus* during retail display. In: *Proceedings of the 57<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology*, 7-12 August, Ghent, Belgium.
- Lagerstedt A., Lundström K., Lindahl G. (2011). Influence of vacuum or high-oxygen modified atmosphere packaging on quality of beef *M. longissimus dorsi* steaks after different ageing times. *Meat Science*, 87, 101-106.
- Legrand I., Bezault R., Turin F. (2015). Impact de l'atmosphère modifiée sur la conservation des viandes bovines (ATMOB). *Compte rendu N°0015401007*, Institut de l'Élevage, Région pays de la Loire, Union Européenne Fonds FEDER de Basse-Normandie.
- Lund M.N., Lametsch R., Hviid M.S., Jensen O.N., Skibsted L.H. (2007). High-oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine *longissimus dorsi* during chill storage. *Meat Science*, 77, 295-303.
- Lund M.N., Lametsch R., Miklos R., Hviid M.S., Skibsted L.H. (2009). Protein oxidation in meat during chill storage in high-oxygen atmospheres. In: *Proceedings of the 55<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology*, 16-21 August, Copenhagen, Denmark, PS2.02, 4 pages.
- Mancini R. A., Hunt M.C. (2005). Current research in meat colour. *Meat Science*, 71, 100-121.
- Parafita E., Frenicia J. P., Picgirard L. (2011). Early alteration of beef colour packaged in a modified atmosphere: investigation of indicators involved in the phenomenon appearance. In: *Proceedings of the 57<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology*, 7-12 August, Ghent, Belgium, P332, 4 pages.
- Raines C.R., Hunt M.C., Daniel M.J. (2007). Carbon monoxide headspace activity of modified atmosphere packaged beef steaks. In: *Proceedings of the 53<sup>rd</sup> International Congress of Meat Science and Technology*, Beijing, China, pp. 521-522.
- Renerre M. (1987). Influence du mode de conditionnement sur la couleur de la viande. *Viandes & Produits Carnés*, 8(2), 47-50.

Resconi V.C., Escudero A., Beltrán J.A., Olleta J.L., Sañudo C., Campo M.M. (2012). Color, lipid oxidation, sensory quality, and aroma compounds of beef steaks displayed under different levels of oxygen in a modified atmosphere package. *Journal of Food Science*, 77(1), S.10-S18.

Rowe L.J., Maddock K.R., Lonergan S.M., Huff-Lonergan E. (2004). Oxidative environments decrease tenderization of beef steaks through inactivation of  $\mu$ -calpain. *Journal of Animal Science*, 82, 3254-3266.

Seyfert M., Hunt M.C., Mancini R.A., Hachmeister K.A., Kropf D.H., Unruh J.A., Loughin T.M. (2005). Beef quadriceps hot boning and modified-atmosphere packaging influence properties of injection-enhanced beef round muscles. *Journal of Animal Science*, 83, 686-693.

Zakrys-Waliwander P.I., O'Sullivan M.G., O'Neill E.E., Kerry J.P. (2012). The effects of high oxygen modified atmosphere packaging on protein oxidation of bovine *M. longissimus dorsi* muscle during chilled storage. *Food Chemistry*, 131, 527-532.

