

Quelle atmosphère modifiée pour la conservation du bœuf ?

Impact des atmosphères modifiées sur la conservation de la viande de bœuf

Mots-clés : Viande bovine, Conditionnement sous atmosphère modifiée, Composition gazeuse, Espace de tête, Acceptabilité consommateurs, Durée de vie

Auteurs : Isabelle Legrand¹, Romane Bezault²

¹ Institut de l'Élevage, Service Qualité des viandes, MRAL, Boulevard des Arcades, 87060 Limoges Cedex 2, France ; ² Institut de l'Élevage, Service Qualité des viandes, Route d'Épinay, 14310 Villers-Bocage, France.

* E-mail de l'auteur correspondant : isabelle.legrand@idele.fr

Le conditionnement des viandes sous atmosphère suroxygénée est très utilisé pour la distribution en rayon libre-service. Cette technologie permet d'allonger la durée de vie et favorise la couleur rouge vif recherchée par les consommateurs mais n'est pas sans inconvénient. L'Institut de l'Élevage a comparé plusieurs solutions, pour la viande de bœuf, en jouant sur la teneur en oxygène de l'atmosphère et le volume de gaz.

Résumé :

Le conditionnement des viandes sous atmosphère suroxygénée se développe pour la distribution de détail et fait l'objet d'une littérature importante et renouvelée. Cette dernière montre que les fortes teneurs en oxygène utilisées favorisent l'aspect vendeur durant quelques jours, mais présentent certains inconvénients, notamment en bouche. Les effets d'une réduction de la teneur en oxygène dans l'atmosphère (40% ou 55% vs 70%) et/ou ceux de l'espace de tête (réduit vs habituel) ont été testés afin de maximiser les bénéfices du conditionnement. Cinq types d'UVC de bœuf suroxygénés ont été étudiés durant une conservation de détail de 14 jours. Les contrôles ont principalement porté sur les pertes de masse, la couleur du morceau, la qualité microbiologique et les préférences des consommateurs à l'œil et en bouche. Le développement des flores d'altération demeure satisfaisant tout au long du stockage. La viande est encore commercialisable après 10 jours en rayon, mais présente une décoloration avant le 14^{ème} jour. L'essai réalisé ne montre pas d'écart majeur de performances associé à des variations de teneurs en oxygène de 40 à 70%. En revanche, il confirme la supériorité du conditionnement sous vide au moment de la consommation. Par ailleurs, il semble que le volume d'espace de tête puisse être revu à la baisse dans certaines conditions, ce qui devrait intéresser les industriels conditionneurs et les distributeurs.

Abstract: What modified atmosphere for preservation of beef? Impact of modified atmosphere on the preservation of beef meat

The packaging of meats with a high oxygen atmosphere is being developed for retail distribution, being the renewed object of a large number of publications. This study shows that the high levels of oxygen used provide a "sales" appearance for a few days but have some inconveniences, notably concerning taste. The effects of a reduced oxygen level in the atmosphere (40% or 55% vs 70%) and/or those of headspace (reduced vs the usual levels) were studied in order to maximize the packaging benefits. Five types of high oxygen UVC beef were studied during a retail preservation period of 14 days. Testing was done on mass loss, color, microbiological quality and consumer preferences (appearance and taste). The development of altering microbial flora remains satisfactory during preservation. The meat is still marketable after 10 days of shelving, but shows discoloration before day 14. The trial did not show a major difference of testing associated with oxygen variations between 40 and 70%. However, the study confirmed that vacuum packaged meat has a superior taste. In fact, it seems that the volume of headspace can be lower under some conditions, which should interest packaging industrialists and retailers.

INTRODUCTION

Ce projet a pour objet de compléter les connaissances actuelles concernant le conditionnement sous atmosphère suroxygénée de la viande de bœuf fraîche, afin d'aider les entreprises de découpe à faire les choix les plus appropriés en la matière. L'Encadré 1 explique le cadre dans lequel a été mené ce travail (Legrand et *al.*, 2015). Face à l'utilisation croissante de telles atmosphères pour la fabrication des Unités de Vente Consommateur Industrielles (UVCI), l'enjeu principal en viande de bœuf est de limiter divers inconvénients liés aux fortes teneurs en oxygène : durée de vie écourtée par les altérations de couleur alors que la qualité bactériologique reste acceptable, qualité en bouche décevante. Il s'agit aussi de rendre ce conditionnement moins encombrant, problématique non spécifique à la viande bovine.

Le premier objectif était d'optimiser la composition de l'atmosphère en jouant sur la teneur en oxygène, pour bénéficier des avantages évoqués, en limitant au mieux les inconvénients. L'étude s'intéressait aussi au volume gazeux utilisé, considérant les progrès réalisés dans la maîtrise de la technologie au fil des ans, tant pour les matériels que matériaux. L'ancienne préconisation de deux à trois volumes de gaz pour un volume de viande peut-elle être revue à la baisse, dans un souci d'économie de consommables et de préservation de l'environnement ?

A cette fin, le projet cofinancé par la région Pays de la Loire et le fonds Feder de Basse Normandie et mené en collaboration avec l'entreprise viande Elivia et les sociétés Air Liquide et Guelt, comprenait :

- une partie bibliographique ciblée visant à mieux connaître l'emploi des atmosphères suroxygénées pour les viandes, afin d'orienter le contenu de l'expérimentation à suivre,
- une partie pratique permettant l'étude comparative de différentes atmosphères modifiées pour le

conditionnement de la viande de bœuf en UVC. Il s'est agi de tester plusieurs mélanges suroxygénés et espaces de tête sur des steaks de bœuf, afin d'apporter des éléments de réponse aux questions posées, dans un contexte industriel français.

Encadré 1 : Un travail réalisé dans un cadre plus large

La présente étude, mise en œuvre par l'Institut de l'Élevage, s'inscrivait dans un projet collaboratif de recherche plus global « ATMO », labellisé par le pôle de compétitivité du Grand Ouest Valorial, qui soutient le montage et le suivi des projets de recherche et développement collaboratifs en agro-alimentaire. Porté par l'IFIP, Institut de la filière porcine, ce vaste programme associait 14 entreprises des régions Bretagne, Basse-Normandie et Pays de la Loire.

Dans ce projet, l'Institut de l'Élevage s'intéressait aux impacts de l'atmosphère modifiée sur la conservation de la viande de bœuf, à côté d'autres partenaires de l'agroalimentaire, qui tentaient de répondre aux mêmes problématiques pour les filières porc, volaille et produits de la mer. Il s'agissait d'élargir les connaissances sur le tryptique « procédé-emballage-aliment » pour ces produits, en répondant aux questions suivantes :

- quels sont les mélanges gazeux les plus avantageux pour leur conservation ?

- est-il possible de réduire la taille des barquettes, pour diminuer la quantité de matériau utilisée et la quantité de gaz injectée dans un but économique et environnemental ?

L'objectif final était de renforcer le positionnement des opérateurs industriels de la viande et des produits de la mer du grand Ouest français sur le marché national des UVCI (Unités de Vente aux Consommateurs Industrielles).

I. RESULTATS OBTENUS

I.1. Une littérature abondante mais pas toujours consensuelle

La littérature disponible sur le conditionnement suroxygéné a été et reste importante depuis le développement de la technique, qui n'est pas récente : ses premiers tests de commercialisation datent effectivement de 1974 et 1976, respectivement pour des viandes piécées et pour des viandes hachées et de volaille. Après une assez longue période d'implantation dans les rayons des GMS (Grandes et Moyennes Surfaces), une meilleure maîtrise de la technologie a permis une augmentation majeure de son utilisation dans les 10-15 dernières années, pour les produits carnés et aquatiques, et ce dans de très nombreux pays, dont la France.

Ce conditionnement repose sur l'effet bactériostatique du gaz carbonique, qui permet d'allonger jusqu'à une dizaine de jours la durée de vie du produit. En viande de bœuf, ce conditionnement assure aussi un aspect visuel très attractif lié à l'emploi de fortes teneurs en oxygène, qui stabilisent pendant un temps la couleur rouge vif de la viande recherchée par le consommateur, expliquant le développement de ce type d'UVC au stade du détail (Mancini et Hunt, 2005).

Néanmoins, la suroxygénation n'est pas sans inconvénients. Les éléments bibliographiques mettent en évidence les problèmes de qualité dus aux fortes teneurs en oxygène dans l'atmosphère employée. Fait connu de longue

date, l'oxydation lipidique est favorisée, conduisant à des défauts de saveurs (saveurs rances...). De plus, malgré le développement d'une épaisse couche de myoglobine oxygénée (oxymyoglobine) en surface de la viande, le pigment finit par s'oxyder progressivement, se transformant en metmyoglobine de couleur brune, préjudiciable à la commercialisation (Grobbel et *al.*, 2008). C'est d'ailleurs cette dégradation qui limite la commercialisation de la viande de bœuf (Parafita et *al.*, 2011), la qualité bactériologique restant à des niveaux acceptables aux DLC pratiquées (une dizaine de jours). Les deux réactions, oxydations des lipides et du pigment musculaire, sont connues pour se potentialiser mutuellement (Faustman et Cassens, 1990 ; Resconi et *al.*, 2012). L'oxygène favorise aussi l'oxydation des protéines musculaires, qui serait responsable d'une dégradation de la tendreté et de la jutosité de la viande, en provoquant la formation de nouveaux « ponts » entre les protéines pour les viandes de porc (Lund et *al.*, 2007 ; Hansen et *al.*, 2008 ; Lund et *al.*, 2009), de bœuf (Kim et *al.*, 2010 ; Zakrys-Waliwander et *al.*, 2012) et d'agneau (Kim et *al.*, 2011). Enfin, l'oxydation réduirait l'activité des calpaines impliquées dans les phénomènes de protéolyse lors de la maturation (Rowe et *al.*, 2004). En définitive, les principales qualités en bouche que

sont la flaveur, la jutosité et la tendreté sont toutes affectées négativement par les fortes teneurs en oxygène de l'atmosphère de remplacement.

La littérature n'indique pas de mélange optimal pour la conservation de la viande bovine conditionnée sous atmosphère suroxygénée, même si certaines recommandations reviennent régulièrement. L'utilisation actuelle d'un mélange quasi-unique en France (70% O₂ – 30% CO₂) ne semble donc pas justifiée par les informations scientifiques disponibles. En réalité, la pression partielle optimale de l'oxygène dans le mélange gazeux est controversée dans le milieu scientifique, les études se concentrant sur des teneurs comprises entre 40 à 80%. Bien que disparates, les résultats semblent encourager une

I.2. Une expérimentation qui évalue l'impact de la teneur en oxygène et du volume gazeux

L'étude comparait 5 modalités de conditionnement variant par la composition en gaz (3 mélanges différents comportant 40, 55 ou 70% d'oxygène, 30% de gaz carbonique et, si nécessaire, de l'azote en complément) et/ou le volume gazeux (2 niveaux : V1 classique et V2 réduit à 60% de V1 à vide) ainsi que détaillé dans le Tableau 1. La dernière ligne de ce Tableau est une estimation grossière du volume d'O₂ initialement disponible lors du conditionnement de la viande dans les UVC, en proportion de celui de la modalité témoin M1. Les observations portaient sur des tranches de faux-filet de 15 animaux abattus le même jour sur un même site de l'entreprise Elivia. Trois jours *post-mortem*, les carcasses

diminution de la teneur en oxygène, par rapport aux 70/80% classiquement utilisés en entreprises, afin de limiter les phénomènes oxydatifs et de préserver les qualités en bouche. Néanmoins, un seuil minimal de 50-55% d'oxygène est souvent mis en avant pour stabiliser la couleur (Renner, 1987 ; Jacobsen et Bertelsen, 2000 ; Resconi et *al.*, 2012), limitante au plan de la commercialisation.

Concernant l'espace de tête à mettre en œuvre, les recommandations sont anciennes et peu de travaux se sont penchés sur la question, notamment français. Il semble néanmoins qu'un volume de gaz inférieur à celui des pratiques actuelles les plus courantes, en tout état de cause bien inférieur à la préconisation historique de 3 volumes pour un de viande, puisse être envisagé.

étaient démontées et les faux-filets prélevés puis transférés en cartons jusqu'au laboratoire de l'Institut de l'Élevage. Le lendemain, l'ensemble des muscles était débité en tranches, conditionnées pour une DLC de 12 jours. La viande était conservée à 3°C pendant 8 jours, puis à 8°C. L'expérimentation ne portait que sur des viandes normalement acidifiées. Le protocole suivi est détaillé dans l'Encadré 2 et le Tableau 2.

Les compositions gazeuses des 5 modalités d'UVC testées se sont révélées conformes aux attentes et ont globalement peu évolué au cours du vieillissement des produits. Les principales conclusions de cet essai sont les suivantes.

Tableau 1 : Cinq modalités d'UVC sont comparées, comprenant 3 mélanges gazeux et 2 espaces de tête

		Modalités comparées				
		M1 (témoin)	M2	M3	M4	M5
Composition du mélange	Taux d'O ₂	70%	70%	55%	55%	40%
	Taux de CO ₂	30%	30%	30%	30%	30%
	Taux d'N ₂	-	-	15%	15%	30%
Volume de barquette (P : profondeur de barquette)		V1 (P = 50 mm)	V2 (P = 30 mm)	V1	V2	V1
Estimation du volume d'O ₂ initialement disponible dans les UVC pleines (en % de celui de M1)		100%	51%	79%	40%	57%

I.2.1. Aucune des 5 modalités suroxygénées ne ressort très différente des autres

Globalement, aucune des 5 modalités suroxygénées étudiées ne ressort très nettement plus favorable ou défavorable que les autres. La prédominance aussi manifeste de l'option 70/30 V1 (70% d'oxygène/30% de gaz carbonique associés au volume V1) dans les entreprises françaises ne paraît donc pas justifiée, ainsi que déjà soupçonné au vu de la littérature scientifique. Il semble possible d'opter pour une moindre teneur en oxygène tout en restant dans des limites raisonnables, afin de limiter les phénomènes oxydatifs dans le produit. Une teneur de 55% serait apparemment acceptable, mais « le jeu en vaut-il la chandelle ? » au vu des faibles écarts entre modalités testées ?

Afin de plaire au consommateur, il serait par ailleurs judicieux d'opter pour un volume de gaz moindre que celui

couramment utilisé, à l'instar du volume V2 ici testé. Cet avantage commercial, identifié lors d'évaluations faites par un groupe de 12 consommateurs, permettrait par ailleurs d'alléger les coûts de consommables (films, barquettes, gaz) et de limiter les déchets potentiels (Figures 1 & 2).

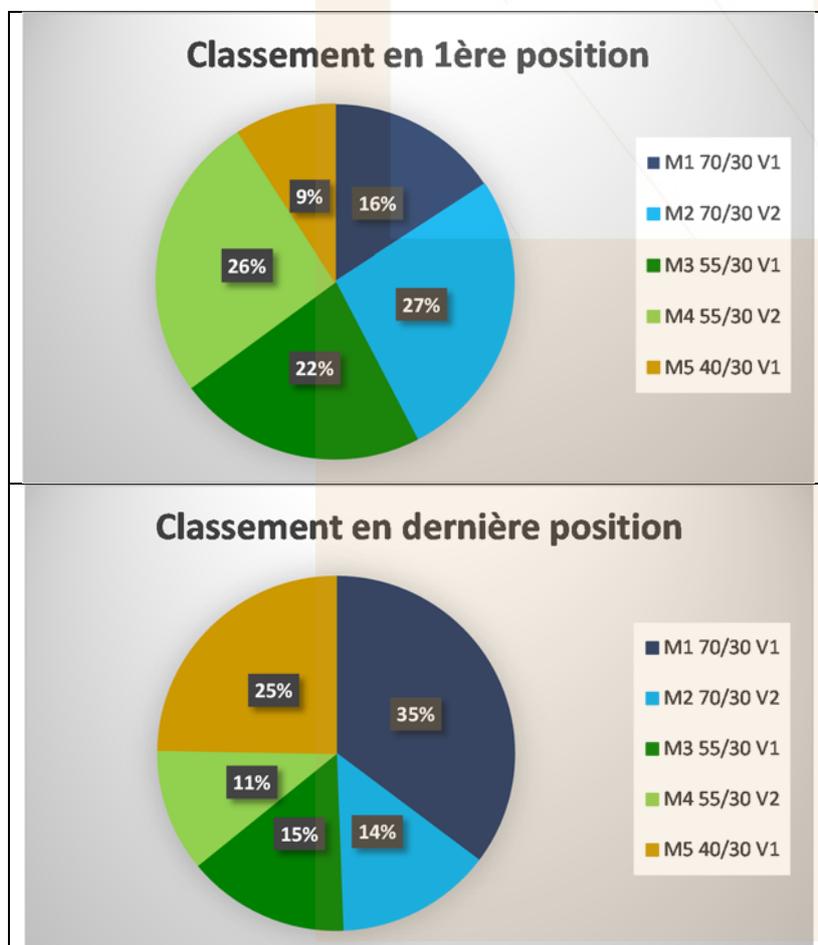
Au vu de ces résultats, l'optique la moins contraignante et la plus pertinente pour les industriels consisterait sans doute à garder le mélange 70/30 classiquement utilisé en entreprise, en réduisant le volume gazeux grâce à l'emploi de barquettes moins profondes mais suffisamment rigides comme dans l'expérimentation ici réalisée.

Les caractéristiques des matériels et matériaux utilisés sont détaillées dans l'Encadré 3.

Tableau 2 : De nombreux contrôles sont réalisés et répartis à différents moments au cours de la conservation

Nature de contrôles		Juste avant le conditionnement	Avant la DLC			Après la DLC (de 12 jours)
			T0 + 6 jours	T0 + 8 jours	T0 + 10 jours	
Contrôles des performances	- Pesées	T0	T0 + 6 jours	T0 + 8 jours	T0 + 10 jours	
	- Couleur instrumentale (CR400 et spectrophotomètre)					
	Evaluations commerciales par 4 experts (avant et après ouverture)		T0 + 6 jours	T0 + 8 jours	T0 + 10 jours	
	Evaluations commerciales par 3 experts (avant ouverture)					T0 + 14 jours
	Evaluations commerciales par 12 consommateurs (avant ouverture)			T0 + 8 jours		
	Dégustations par 164 consommateurs					
	Analyses bactériologiques	T0	T0 + 6 jours	T0 + 8 jours		T0 + 14 jours
Contrôles de nature explicative	- Teneur en lipides	T0				
	- Teneur en fer héminique					
	- Composition gazeuse					
	- pH	T0	T0 + 6 jours	T0 + 8 jours	T0 + 10 jours	
	- TBA-RS					
	- Teneur en carbonyles					

Figures 1 & 2 : Le classement de préférence par les consommateurs avantage les modalités M2 et M4 utilisant le volume V2 et désavantage les modalités M1 et M5

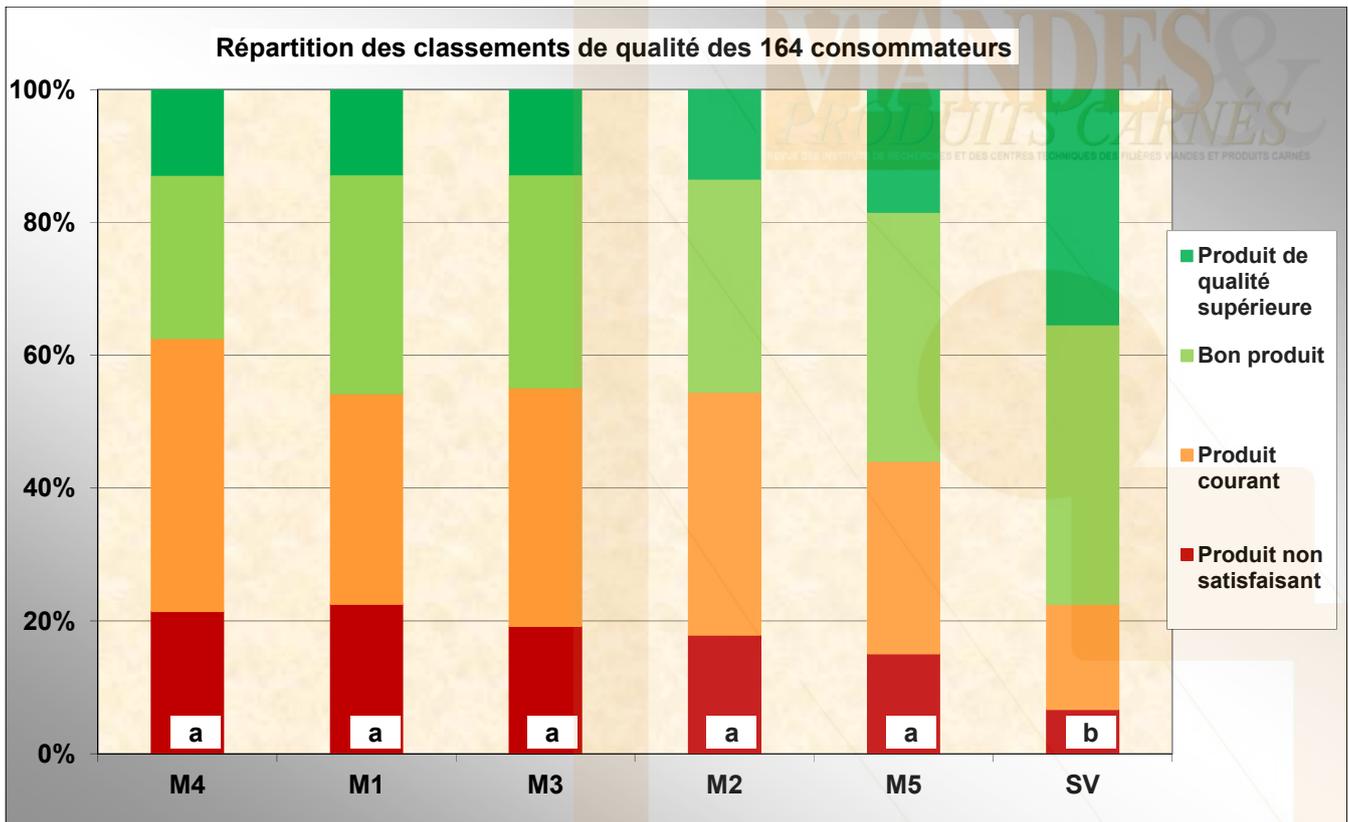


1.2.2. La viande sous vide est plus appréciée des consommateurs

Une autre conclusion importante concerne l'avantage majeur du conditionnement sous vide constaté pour tous les critères évalués en bouche par 164 consommateurs naïfs : tendreté, jutosité, appréciation de la saveur, appréciation globale et classement de qualité en 4 classes depuis la classe « non satisfaisante » jusqu'à celle « de qualité supérieure » (Figure 3). Nos résultats rejoignent ceux d'autres équipes ayant montré une supériorité des conditionnements sans

oxygène pour les qualités en bouche, dont le conditionnement sous vide (Seyfert *et al.*, 2005 ; Grobbel *et al.*, 2008 ; Hansen *et al.*, 2008 ; Aaslyng *et al.*, 2010 ; Lagerstedt *et al.*, 2011). L'étude d'Aaslyng *et al.*, en 2010, est particulièrement intéressante à cet égard, avec des résultats obtenus auprès de plus de 1000 consommateurs danois, finlandais et suédois. Ces travaux posent la question de la sous-utilisation du conditionnement sous vide au stade du détail en France.

Figure 3 : Aucune des modalités sous atmosphère suroxygénée n'est autant appréciée en bouche que le sous-vide (les modalités significativement différentes au seuil α de 5% sont indiquées par des lettres différentes en bas des histogrammes)



1.2.3. Sous atmosphère, la couleur est plus limitante que la bactériologie

La viande se conserve très bien au plan microbiologique, étant encore conforme après 14 jours de conservation en UVC (DLC + 2 jours), avec une contamination en flore aérobie mésophile en deçà de 4 log en moyenne. Fort logiquement, la flore évolue surtout après la rupture de la chaîne du froid aux 2/3 de la DLC, à 8 jours (Figures 4 & 5).

Les tranches conditionnées n'exsudent pratiquement pas en 10 jours de stockage sous atmosphère modifiée ; les pertes enregistrées sont de l'ordre de 2% quelle que soit la modalité d'UVC.

1.2.4. La comparaison précise des modalités suroxygénées est difficile

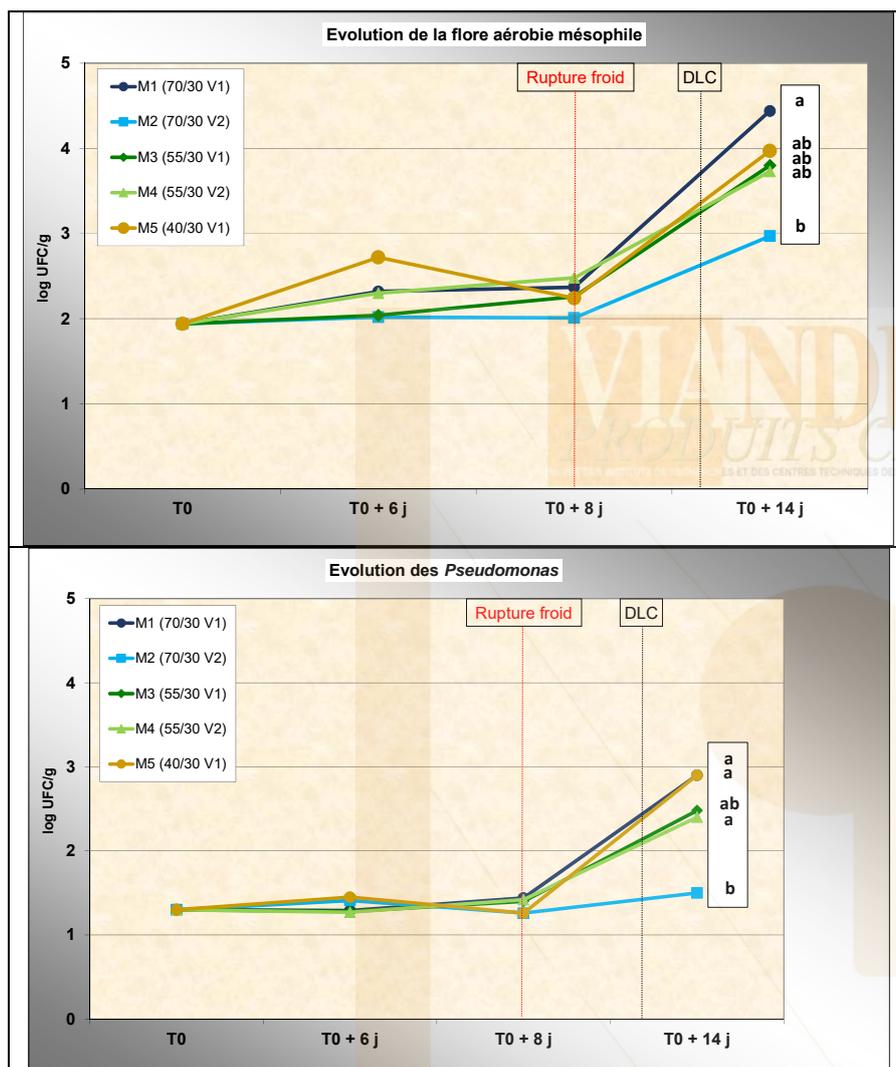
Compte tenu de l'absence d'écart majeur entre les 5 modalités d'UVC suroxygénées testées, du grand nombre de paramètres évalués, de leurs effets variés, le classement de ces modalités est difficile. Sur la base des tendances observées, la hiérarchie suivante semble néanmoins se dessiner, de la plus favorable à la moins favorable :

A ce stade, malgré des signes d'altération, la qualité commerciale des UVC est en moyenne encore au-dessus du seuil d'acceptabilité (Figure 6). Ceci est valable tant pour les appréciations effectuées au travers du film du conditionnement, qu'après ouverture des UVC. En revanche, la viande est en deçà de la limite acceptable après 14 jours de conservation. C'est donc l'aspect commercial des morceaux qui limite leur conservation : une DLC de 12 jours serait difficilement tenable, en raison de problèmes de couleur de viande et de gras : une dizaine de jours de DLC paraissent plus adaptés.

- les deux modalités 70/30 V2 (70% O₂/30% CO₂ V2) et 55/30 V1,
- la modalité 55/30 V2,
- la modalité 70/30 V1, considérée comme témoin,
- et enfin la modalité 40/30 V1.

Ces résultats comparatifs sont détaillés dans l'Encadré 4.

Figures 4 & 5 : La contamination des steaks évolue plus ou moins différemment selon les UVC pour la flore totale et les *Pseudomonas*, tout en restant acceptable (les modalités significativement différentes au seuil α de 5% sont indiquées par des lettres différentes dans le cadre vertical blanc de la Figure)



Figures 6 : Des viandes encore commercialisables après 10 jours de conservation sous atmosphère et globalement peu d'écart entre modalités (illustration sur 5 animaux)

À J0 + 10 jours											
	M1 M2 M3 M4 M5										
Animal 1	<table border="1"> <tr> <td>983</td> <td>762</td> <td>842</td> <td>974</td> <td>757</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	983	762	842	974	757					
983	762	842	974	757							
Animal 3	<table border="1"> <tr> <td>839</td> <td>706</td> <td>836</td> <td>979</td> <td>971</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	839	706	836	979	971					
839	706	836	979	971							
Animal 4	<table border="1"> <tr> <td>948</td> <td>788</td> <td>903</td> <td>887</td> <td>818</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	948	788	903	887	818					
948	788	903	887	818							
Animal 8	<table border="1"> <tr> <td>712</td> <td>897</td> <td>871</td> <td>746</td> <td>829</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	712	897	871	746	829					
712	897	871	746	829							
Animal 11	<table border="1"> <tr> <td>916</td> <td>782</td> <td>946</td> <td>770</td> <td>775</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	916	782	946	770	775					
916	782	946	770	775							

M1 = 70/30 V1
 M2 = 70/30 V2
 M3 = 55/30/15 V1
 M4 = 55/30/15 V2
 M5 = 40/30/30 V1

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 TBARS 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 1100 μ , SO 2350), d'environ 1725 cm³ (15 x 23 x 5 cm)

- pour les modalités 2 et 4, le volume était moindre avec 1035 cm³ (15 x 23 x 3 cm), du fait d'une plus faible profondeur (référence : PS EVOH PE Blanc 1100 μ , 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% O₂/30% CO₂). 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 54th 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 57th 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 55th 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 57th 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 53rd 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 μ -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.

