

CONTEXTE ET OBJECTIFS

Ce programme s'inscrit dans une problématique de concurrence de pays exportateurs. Mais c'est aussi face à des difficultés d'approvisionnement sur le marché national et à une demande supérieure en muscles tendres issus de l'ailoyau ou du globe par rapport aux muscles durs de l'avant que les industriels ont tendance à orienter leurs approvisionnements vers des muscles de découpe importés sous vide à longue DLC (date limite de consommation) (4 mois en général) en provenance d'Europe ou d'Amérique du Sud. Or, l'utilisation de muscles sous vide à longue DLC n'est pas sans conséquence sur la stabilité microbiologique et surtout la couleur des UVC (unité de vente consommateur) qui en sont issues et qui sont elles-mêmes conditionnées sous vide ou sous atmosphère (phénomènes de verdissement).

La bibliographie inhérente à cette problématique est ancienne et ne correspond pas réellement aux pratiques actuelles. En effet, les études menées par Legrand (1,2), par Rousset et Renerre (3) ou par Renerre et al. (4) parallèlement aux travaux néerlandais sur les procédés « captech » et aux travaux américains de Gill (5), Penney (6) ou Jeremiah (7) sur la conservation longue durée des viandes se sont attachées à évaluer l'incidence d'un conditionnement sous vide ou sous CO₂ pur de muscles ou tranches de viande, conditionnés 3 jours après abattage. Les résultats obtenus montrent que le conditionnement sous CO₂ pur peut permettre de conserver des muscles ou des tranches de viande durant 9 semaines et plus sans altération de la couleur, ni de la microbiologie. Après ce laps de temps, les tranches étaient commercialisées soit dans leur emballage d'origine, soit sous film perméable avec des DLC de 2 à 7 jours. Ces travaux n'ont donc pas étudié l'incidence d'un conditionnement sous vide de muscles supérieur à 6 semaines associé à un déballage et à un reconditionnement des tranches sous vide ou sous atmosphère modifiée durant 10 à 14 jours sur leur couleur et leur microbiologie.

Viandes sous vide

Compétitivité technologique des viandes bovines françaises à longue DLC

Cette étude a permis d'évaluer les DLC maximales envisageables d'entrecôtes sous vide d'origine française stockées à basse température à partir de matières premières françaises et de définir les conditions de leur utilisation en vue de la fabrication d'unités de vente consommateur. L'incidence de différents facteurs technologiques, qu'ils concernent les muscles (niveau de vide, température de stockage, type de maturation) ou les viandes piécées (mode de conditionnement, délai déssouvidage/tranchage) a également été quantifiée.

PICGIRARD L., RENERRE M.

Adiv — ZAC du Parc Industriel des Gravanches
10 rue Jacqueline Auriol 63039 CLERMONT-FERRAND Cedex 2
Inra THEIX — Unité 370 Qualité des Produits animaux Equipe Croissance
et Métabolisme du muscle 63122 St GENES CHAMPANELLE

Or, ces pratiques sont largement répandues actuellement pour les marchés de la RHF (restauration hors foyer) sachant que les tranches conditionnées sous atmosphère protectrice le sont toujours en absence d'oxygène.

En effet, il est connu qu'un conditionnement sous vide des muscles de quelques jours suffit pour nuire à la couleur des UVC reconditionnées sous atmosphère avec oxygène.

Même si la bibliographie est peu fournie, elle donne des éléments de réponses sur les paramètres à respecter pour conserver des muscles durant de longues périodes :

- absence totale d'oxygène résiduel,
- protection vis-à-vis de la lumière pour éviter la photo-oxydation,
- température de conservation proche de $-1,5^{\circ}\text{C}$,
- utilisation de films avec une perméabilité à l'oxygène proche de $0\text{ cm}^3/\text{m}^2/24\text{h}$.

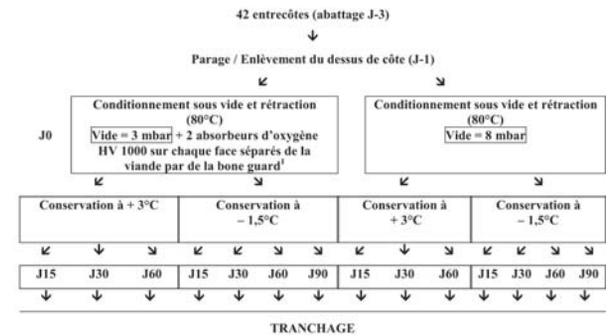
Les objectifs de l'étude sont donc de plusieurs ordres :

- vérifier s'il est possible de produire des muscles à partir de viandes françaises,
- formuler des ébauches de réponse quant aux phénomènes en jeu dans les problèmes d'instabilité pigmentaire notamment le rôle direct ou indirect de la flore lactique,
- comprendre l'origine des verdissements constatés chez les industriels sur les muscles piécés sous vide issus eux-mêmes de muscles sous vide à longue DLC,
- définir des recommandations techniques pour utiliser ces muscles en vue du tranchage.

Pour répondre à ces objectifs, les facteurs technologiques suivants ont été testés :

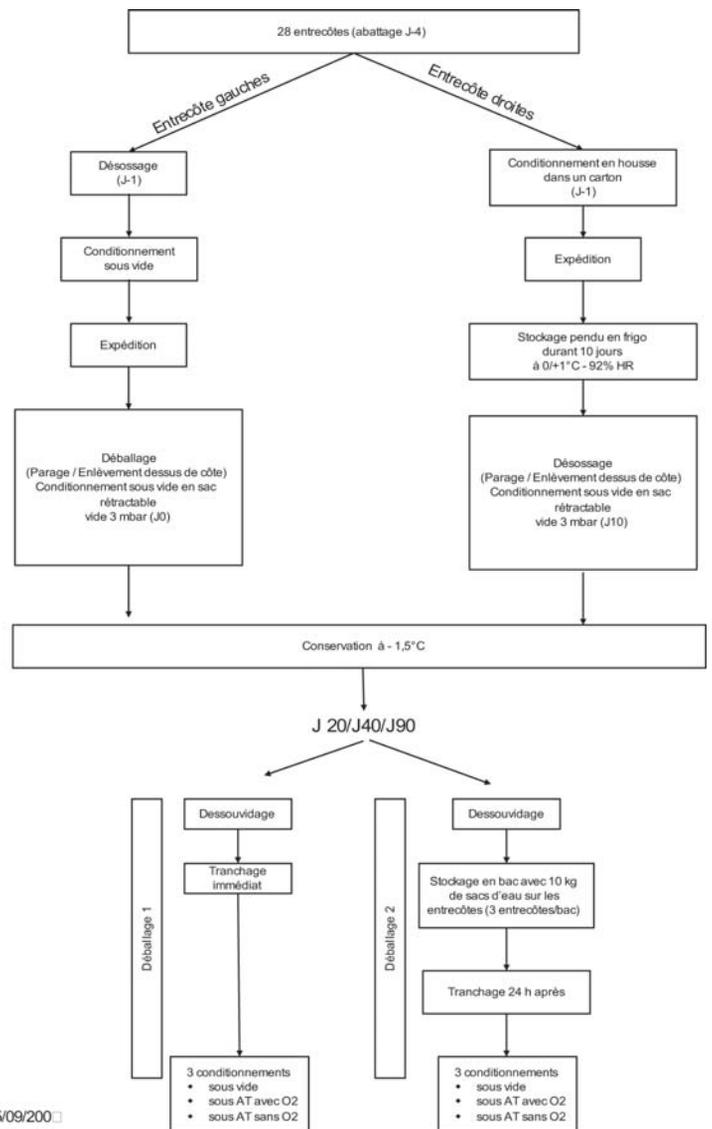
- le mode de maturation des muscles (en carcasse ou sous vide) avant stockage longue durée sous vide,
- le mode de conservation longue durée des muscles sous vide avant tranchage et notamment la température de stockage, le niveau de vide et la durée de stockage,
- le mode de conditionnement des tranches issues des muscles conservés sous vide (sous vide, sous azote/ CO_2 , sous oxygène/ CO_2),
- le mode de déballage des muscles avant tranchage (délai déssouvidage/tranchage).

PROTOCOLE GÉNÉRAL DE LA SÉRIE D'ESSAIS N° 1



¹ Bone guard : toile textile résistante évitant le perçement des sachets sous vide par les os.

PROTOCOLE GÉNÉRAL DE LA SÉRIE D'ESSAIS N° 2



MATÉRIELS ET MÉTHODES

Série d'essais n° 1

Nature des muscles et des animaux concernés

Quarante-deux entrecôtes ont été utilisées pour cette expérimentation. Elles étaient issues de 22 vaches adultes Montbéliardes âgées de 6 à 10 ans et de poids moyen de 330,2 kg ± 46 kg.

Les entrecôtes ont été désossées et conditionnées sous vide dans un atelier de découpe 3 jours après abattage. Le protocole expérimental a débuté le lendemain du désossage.

Protocole de conservation des entrecôtes

Trois facteurs de conservation des entrecôtes entières ont été testés :

- la température de conservation : + 3 °C ou - 1,5 °C,
- le niveau de vide lors du conditionnement sous vide de l'entrecôte :
 - 3 mbar avec deux absorbeurs d'oxygène ATCO® HV 1000,
 - ou 8 mbar,
- la durée de stockage sous vide : 15 jours, 30 jours, 60 jours, 90 jours à compter de la date de réception des entrecôtes.

Les sachets sous vide utilisés pour le conditionnement des entrecôtes étaient des sachets rétractables PET/PA/EVOH/PE de 40 µm d'épaisseur et de perméabilité à l'oxygène comprise entre 15 et 25 cm³/m²/24 h.

Tranchage des entrecôtes après conservation

Pour chacun des 14 essais, trois entrecôtes étaient disponibles. Elles ont été tranchées immédiatement après dessouvidage pour être conditionnées de trois façons :

- sac sous vide rétracté longue conservation PET/PA/EVOH/PE avec une perméabilité à l'O₂ de 15 et 25 cm³/m²/24 h,
- sac sous vide PA/PE 20/60 avec une perméabilité moyenne à l'oxygène de 50 cm³/m²/24 h,
- barquettes cristal sous mélange gazeux 50% N₂/50%CO₂,

à raison d'une tranche par conditionnement (sac ou barquette).

Les tranches ont été conservées 14 jours à + 4 °C.

Série d'essais n° 2

Nature des muscles et des animaux concernés

Vingt-huit entrecôtes ont été utilisées pour cette série d'essais. Elles étaient issues de 14 vaches Montbéliardes, âgées de 3 à 8 ans et d'un poids moyen de 328,4 kg ± 17,2 kg.

Les trains de côte droits et gauches ont été prélevés dans un atelier de découpe 3 jours après abattage. Les trains de côte gauches ont été désossés et mis sous vide dans cet atelier de découpe. Les trains de côte droits ont été conservés avec os.

Protocole de conservation des entrecôtes

Trois facteurs ont été testés :

- le mode de maturation ou de préstockage : 10 jours sous vide à - 1,5 °C ou 10 jours à l'air pendu à une température proche de 1 °C,
- la durée totale du stockage : 20 jours, 40 jours ou 90 jours à compter de la date de début du protocole. Ces durées incluent les 10 jours préalables de conservation sous vide ou pendu,
- le mode de déballage des muscles avant tranchage. Les entrecôtes sous vide à l'issue de leur période de stockage ont été :
 - soit tranchées immédiatement après déballage (D1),
 - soit tranchées 24 h après dessouvidage. Durant ces 24 h, les entrecôtes étaient stockées en bac dans un frigo à + 3 °C. Elles étaient recouvertes d'une masse de 10 kg pour simuler le chargement complet d'un bac de viande.

Les sachets sous vide utilisés pour le conditionnement sous vide des entrecôtes étaient des sachets rétractables de 48 µm d'épaisseur et de perméabilité à l'oxygène valant 20 cm³/m²/24 h.

Tranchage des entrecôtes

Pour chacun des 12 essais, les entrecôtes ont été tranchées puis conditionnées selon trois modes :

- sous mélange gazeux avec oxygène composé de 70 % O₂/30 % CO₂
- sous mélange gazeux sans oxygène composé de 50 % N₂/50 % CO₂
- sous vide en sachet PA/PE 60/20 avec une perméabilité à l'oxygène de 50 cm³/m²/24 h.

Les tranches ont été conservées 14 jours à +4 °C.

Analyses

Analyses effectuées sur les entrecôtes

Le pH à cœur et les pertes de poids des entrecôtes par exsudation ont été mesurées pour chaque essai à l'issue des différents temps de conservation.

Pour chaque essai, deux analyses microbiologiques ont été réalisées le jour du conditionnement et à l'issue des différentes échéances de stockage. Elles ont porté sur un mélange de deux prélèvements effectués, chacun par excision de 25 cm². Les flores dénombrées furent : la flore totale, *Pseudomonas*, les entérobactéries, la flore lactique, *Brochothrix thermosphacta*.

Analyses effectuées sur les tranches

Pour chaque mode de conservation des entrecôtes, les tranches d'entrecôtes conditionnées selon les trois techniques ont été stockées jusqu'à 14 jours à + 4 °C.

Les analyses effectuées sur les tranches sont synthétisées dans le tableau 1.

La couleur a été mesurée sur les tranches par spectrophotométrie à l'aide d'un équipement UVIKON. Ont été déterminées pour chaque tranche, les caractéristiques L*, a*, %R630 — %R580 (indice d'oxygénation de la myoglobine), teinte : $h^* = \arctan \frac{b^*}{a^*}$, chroma ou saturation : $C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ / 2.

La mesure de la peroxydation lipidique dérive de la méthode décrite par Lynch & Frei (1993) revue par Gatelier et al. (2005) (8) : les aldéhydes générés par peroxydation des acides gras polyinsaturés réagissent en milieu acide (acide trichloracétique) et à chaud avec le TBA (acide thiobarbiturique) pour former un complexe coloré rose qui absorbe à 535 nm. La teneur en TBA est exprimée en équivalent MDA ou malondialdéhyde ; le résultat s'exprime en mg de MDA/kg de viande.

L'évaluation visuelle de la couleur de chaque tranche a été évaluée à l'aide de trois qualificatifs : deux composantes chromatiques (vert, rouge), une composante reliée à la luminosité (couleur plus ou moins terne). La couleur de l'exsudat des tranches a été évaluée de la même façon.

Enfin, les entrecôtes ont été dégustées de manière non normalisée par cinq sujets à l'issue des 14 jours de stockage à 4 °C. Ont été évalués au cours de cette dégustation : l'odeur, le goût, la texture.



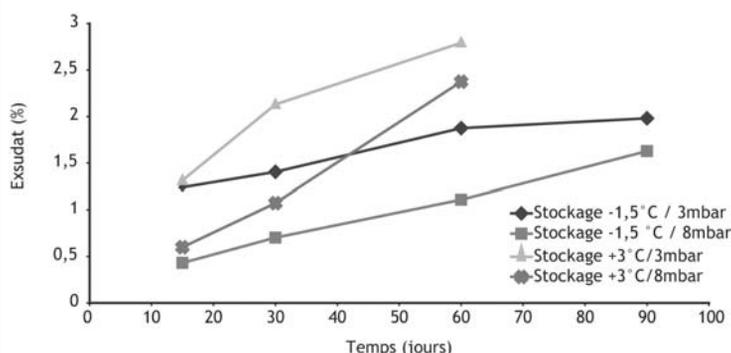
Tableau 1
ANALYSES EFFECTUÉES SUR LES TRANCHES D'ENTRECÔTES

Nombre d'échantillons analysés aux différentes échéances de conservation pour chaque mode de conditionnement	J0	J4	J8	J14
Spectrophotométrie	2	2	2	2
TBARS (oxydation des lipides)	2	2	2	2
Pertes de poids par exsudation	/	5	5	5
Évaluation visuelle de la couleur	/	5	5	5
Dégustation	/	/	/	2
Composition gazeuse ¹	/	5	5	5

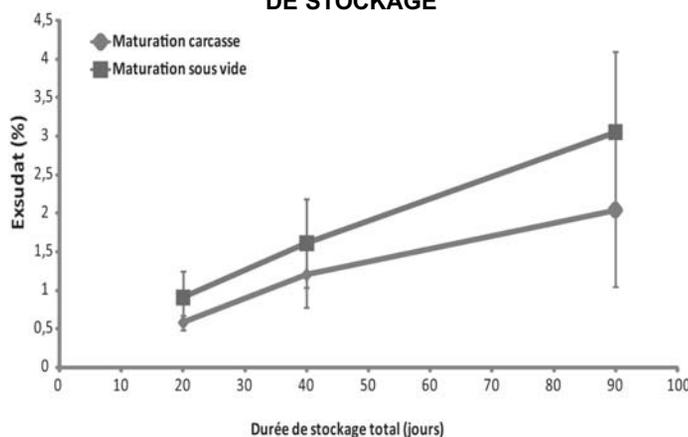
¹Les analyses de l'atmosphère gazeuse ne comprenaient que les tranches conservées sous atmosphère modifiée.

RESULTATS OBTENUS SUR

Graphique 1
ÉVOLUTION DE L'EXSUDAT DES ENTRECÔTES SOUS VIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE DE STOCKAGE ET DU NIVEAU DE VIDE (SÉRIE D'ESSAIS N° 1)



Graphique 2
ÉVOLUTION DES PERTES PAR EXSUDATION LORS DU STOCKAGE SOUS VIDE DES ENTRECÔTES À - 1,5 °C EN FONCTION DU MODE DE MATURATION ET DE LA DURÉE DE STOCKAGE



LES ENTRECÔTES

Évolution du pH

L'évolution du pH à cœur des entrecôtes sous vide semble peu influencée par le niveau de vide, la durée de stockage sous vide, une prématuration carcasse ou la température de conservation sous vide. Seul, le niveau de vide de 8 mbar a tendance à générer des variations de pH plus amples.

Évolution des pertes de poids par exsudation

L'exsudation des entrecôtes sous vide est très fortement influencée par la durée de stockage, le niveau de vide des sachets et la température de stockage.

Une température de stockage de +3 °C conduit à une exsudation rapide. À température constante, les exsudats des entrecôtes conditionnées sous vide de 3 mbar sont supérieurs à ceux de leurs homologues conditionnées sous 8 mbar : 1,98 % à J90 et -1,5 °C contre 1,63 % (cf. graphique n° 1).

Concernant l'incidence de la prématuration carcasse, les trains de côtes pendus perdent en moyenne -2,67 % par évaporation en 10 jours. Ils exsudent alors moins lors du stockage sous vide à -1,5 °C : -2% après 90 jours de stockage contre -3 % pour les entrecôtes maturées sous vide après la même durée de stockage (cf. graphique n° 2).

Cependant, si on cumule les pertes par évaporation et les pertes par exsudation, les entrecôtes maturées pendues ont des pertes totales plus importantes que leurs homologues conditionnées sous vide durant tout le processus de conservation. Ces pertes restent plus importantes quelle que soit la durée de stockage de J20 à J90.

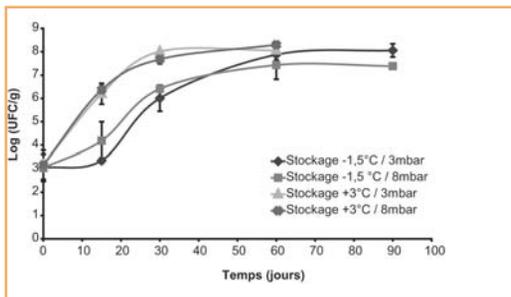
Aspect visuel des entrecôtes entières

Les entrecôtes stockées à +3 °C présentent des bulles dans leur exsudat visibles dès J30 ainsi que des verdissements associés à des odeurs à J60. Les entrecôtes stockées à -1,5 °C présentent un aspect satisfaisant jusqu'à J90.

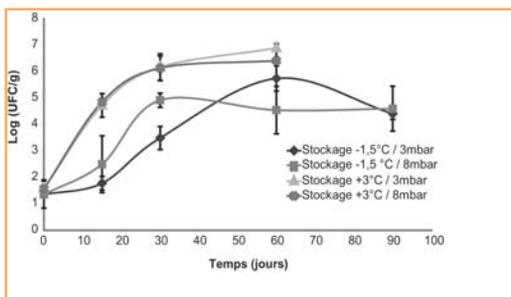
Pour information, un exsudat de -3,7 % a été jugé comme visuellement excessif.



Graphique 3a
ÉVOLUTION DE LA FLORE LACTIQUE EN
SURFACE DES ENTRECÔTES SOUS VIDE
(SÉRIE D'ESSAIS N°1)



Graphique 3b
ÉVOLUTION DES ENTÉROBACTÉRIES EN
SURFACE DES ENTRECÔTES SOUS VIDE
(SÉRIE D'ESSAIS N°1)



Graphique 3c
ÉVOLUTION DE PSEUDOMONAS EN SURFACE
DES ENTRECÔTES SOUS VIDE
(SÉRIE D'ESSAIS N°1)

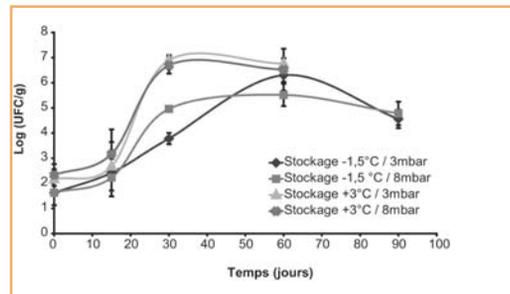


Tableau 2
DLC ENVISAGEABLE
EN FONCTION DES CONDITIONS DE CONSERVATION ET DES FLORES

Flores	Seuils Cnera (log UFC/g)	Stockage à +3 °C		Stockage à -1,5 °C	
		Vide 3 mbar	Vide 8 mbar	Vide 3 mbar	Vide 8 mbar
Flore lactique	6,7	42 jours	42 jours	22 jours	22 jours
<i>Pseudomonas</i>	5	42 jours	30 jours	22 jours	22 jours
Entérobactéries	3,7	33 jours	22 jours	10 jours	10 jours
DLC la plus limitante		33 jours	22 jours	10 jours	10 jours

Évolution microbiologique des entrecôtes entières

Pour la série d'essais n° 1, le niveau de contamination initiale de surface était en moyenne de 2,65 log UFC/g en flore totale, 1,9 log UFC/g en *Pseudomonas* et 1,46 log UFC/g en entérobactéries.

L'analyse des évolutions microbiologiques montre une forte influence de la température de stockage sur la croissance des flores totales et lactiques, des *Pseudomonas* et des entérobactéries (cf. graphiques 3a à 3c). La température de +3 °C induit une croissance plus rapide de ces germes avec une phase de latence très faible. Le niveau de vide lors

du conditionnement des entrecôtes est peu influent. Il semble se manifester sur la flore totale, la flore lactique, les *Pseudomonas* et les entérobactéries à la température de -1,5 °C seulement mais de manière non significative. À cette température, le niveau de vide de 3 mbar semble rallonger la phase de latence de ces flores.

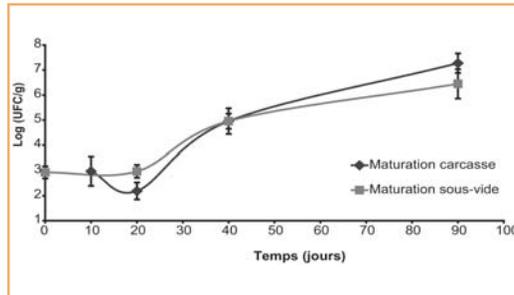
Au regard des seuils proposés par le Cnera, les DLC envisageables en fonction des conditions de conservation sont indiquées dans le tableau 2.

Pour cette série d'essais, il semble donc difficile d'envisager des DLC supérieures à 42 jours pour les

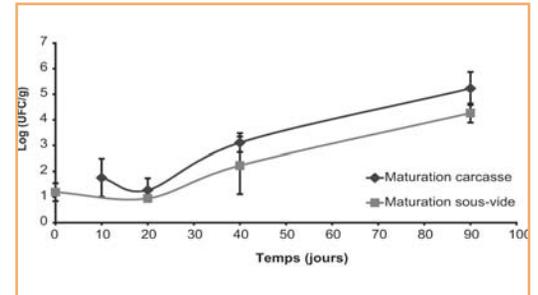
muscles conditionnés sous vide et stockés à basse température même au regard de la flore lactique trop importante et qui peut générer des saveurs acides désagréables. On est loin des 90 à 120 jours de DLC proposés par les fournisseurs de muscles sous vide sud américain.

Les niveaux de contamination initiaux des entrecôtes de la série d'essais n° 2 étaient comparables à ceux de la série d'essais n° 1 pour les critères flore totale, flore lactique et *Brochothrix*. Par contre, les populations initiales de *Pseudomonas* et d'entérobactéries étaient inférieures avec des dénombrements respectifs de 1,2 log UFC/g et inférieurs à 1 log UFC/g.

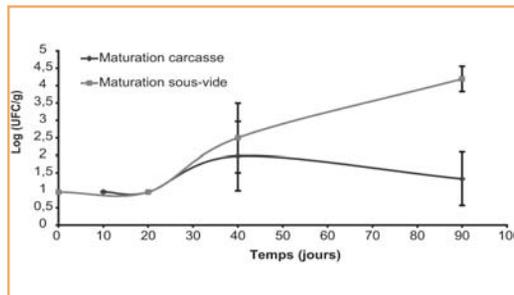
Graphique 4a
ÉVOLUTION DE LA FLORE LACTIQUE
EN SURFACE
DES ENTRECÔTES SOUS VIDE (SÉRIE N°2)



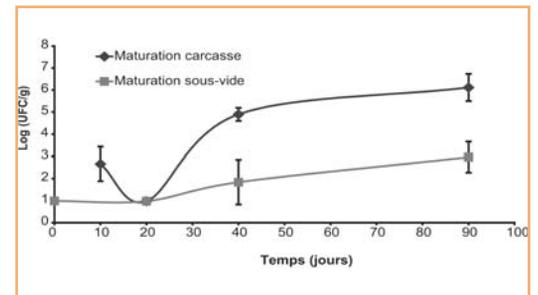
Graphique 4c
ÉVOLUTION DES PSEUDOMONAS
EN SURFACE
DES ENTRECÔTES SOUS VIDE (SÉRIE N°2)



Graphique 4b
ÉVOLUTION DES ENTÉROBACTÉRIES
EN SURFACE
DES ENTRECÔTES SOUS VIDE (SÉRIE N°2)



Graphique 4d
ÉVOLUTION DE BROCHOTHRIX
EN SURFACE
DES ENTRECÔTES SOUS VIDE (SÉRIE N°2)



Une représentation de l'évolution de chaque flore en surface des entrecôtes est donnée sur les graphiques 4a à 4d. À J90, les contaminations des muscles maturés pendus sont globalement supérieures à leurs équivalents maturés sous vide avec des différences significatives pour *Pseudomonas*, et *Brochothrix*. À cette date, les dénombrements d'entérobactéries de ces muscles sont par contre à des niveaux très inférieurs.

Compte tenu de ces résultats et au regard des seuils choisis, les DLC envisageables pour une température de conservation de $-1,5\text{ °C}$ sont de 75 jours pour des muscles conservés sous vide durant toute leur durée de vie et de 65 jours pour des muscles ayant subi une prématuration carcasse de 10 jours (cf. tableau 3).

Comme pour la série d'essais n° 1, l'évolution des entérobactéries est le facteur limitant à la conservation des muscles sous vide durant de longues périodes même à la température de $-1,5\text{ °C}$.

Il semble donc envisageable d'espérer des DLC proches de 75 jours des muscles sous vide conservés à $-1,5\text{ °C}$ si leur traitement par le froid est rapide, si la température de surface est proche

Tableau 3
DLC ENVISAGEABLES SUR LES MUSCLES SOUS VIDE
STOCKÉS À $-1,5\text{ °C}$
EN FONCTION DE LEUR MODE DE MATURATION

Flores	Seuils Cnerna (en log UFC/g)	Maturation sous vide	Maturation carcasse
Flore lactique	6,7 log	> 90 jours	77 jours
<i>Pseudomonas</i>	5 log	> 90 jours	85 jours
Entérobactéries	3,7 log	75 jours	90 jours
<i>Brochothrix</i>	5,7 log	> 90 jours	65 jours
DLC la plus limitante	/	75 jours	65 jours

de $-1,5\text{ °C}$, si leur niveau de vide est faible et si les niveaux de contamination initiaux en *Pseudomonas* et entérobactéries sont inférieurs à 16 UFC/g et 10 UFC/g respectivement.

RÉSULTATS OBTENUS SUR LES PRODUITS TRANCHÉS

Exsudation des produits tranchés

Les pertes par exsudation ont été mesurées après 15 jours de stockage des tranches conditionnées selon les différents modes à $+4\text{ °C}$ (cf. tableau 4).

Ces pertes sont fortement liées :

- au mode de conditionnement des tranches, les pertes les plus faibles étant observées pour les produits sous atmosphère modifiée puis sous vide rétracté, puis sous vide classique. La différence de perméabilité des deux types de sachets sous vide peut impliquer peut-être les écarts d'exsudation observés;
- à la durée de stockage préalable des entrecôtes entières sous vide. À ce titre, l'allongement de la durée de stockage des entrecôtes entières conduit à un accroissement de l'exsudation des produits conditionnés sous atmosphère avec ou sans oxygène alors qu'il réduit celle des tranches sous vide.



Évolution de l'atmosphère gazeuse des barquettes

L'évolution du taux de CO₂ résiduel des barquettes souvent liée à l'évolution bactérienne des tranches d'entrecôtes est plus forte quand :

- la durée de stockage des entrecôtes entières se prolonge notamment si elles ont été entreposées à + 3 °C,

- la durée de stockage des tranches d'entrecôte se prolonge lorsqu'elles sont issues de muscles stockés plus de 30 jours sous vide. Pour des muscles stockés 15 jours, l'évolution bactérienne des tranches semble très faible.

Évolution des caractéristiques d'oxydation

Seul le TBARS, indicateur de la peroxydation lipidique des viandes, évolue de manière significative en fonction des conditions de process. Il est notamment fortement influencé par :

- le délai de tranchage des muscles ($p < 1\%$) : un tranchage différé, s'il est peu actif sur l'évolution de l'oxydation des entrecôtes tranchées conditionnées sous vide (SV) ou sans oxygène (CO₂), réduit significativement l'oxydation des viandes conditionnées sous atmosphère modifiée avec oxygène (O₂).
- la durée de stockage des muscles sous vide ($p < 0,1\%$) : plus la durée de stockage des muscles entiers sous vide se prolonge, plus l'oxydation est importante, ceci quel que soit le conditionnement final des tranches et surtout pour les produits en présence d'oxygène (graphiques 5 et 6).
- le mode de conditionnement des entrecôtes tranchées ($p < 0,1\%$) : le conditionnement avec oxygène génère, significativement, les oxydations les plus importantes, les deux conditionnements sans oxygène ayant des évolutions très proches.
- la durée de stockage des entrecôtes tranchées ($p < 0,1\%$) : l'oxydation augmente avec cette dernière surtout pour les viandes conditionnées en présence d'oxygène.

La maturation carcasse n'a aucun effet sur l'indicateur TBARS.

Aspect des produits tranchés

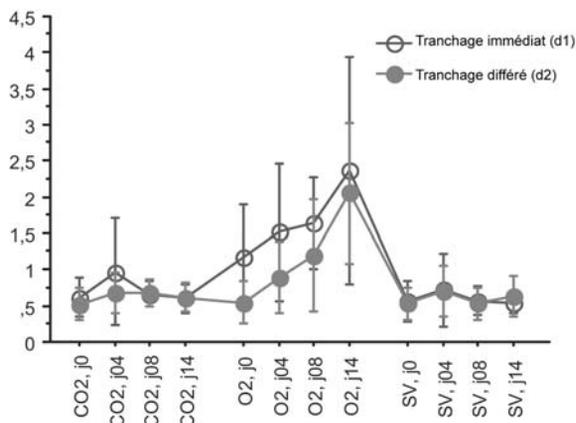
Seul l'atmosphère modifiée sans oxygène (50 % N₂ — 50 % CO₂) peut permettre d'espérer des DLC de 15 jours des tranches même après un stockage total préalable de 90 jours des muscles sous vide à - 1,5 °C. Pour ce mode de conditionnement, il sera préférable d'éviter un préstockage des muscles 10 joursendus pour éviter des odeurs soufrées et trancher les muscles rapidement pour réduire la teinte jaune du gras.

Le conditionnement sous mélange gazeux avec oxygène (70 % O₂ — 30 % CO₂) ne permet pas d'obtenir une DLC de produits tranchés supérieure à 8 jours à +4 °C, même pour une durée de stockage de 20 jours des muscles sous vide à -1,5 °C et quels que soient les modes de déballage.

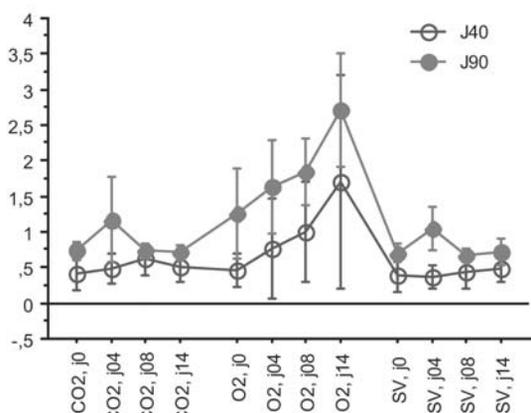
Tableau 4
EXSUDAT DES PRODUITS TRANCHÉS APRÈS 14 JOURS DE STOCKAGE À +4 °C (%)

Durée de stockage des entrecôtes entières	Conditionnement des tranches		
	Sous vide rétracté	Sous vide classique PA/PE	Sous atmosphère sans O ₂
J15	1,76 %	2,91 %	0,58 %
J30	1,31 %	1,81 %	0,86 %
J60	1,21 %	2,19 %	0,53 %
J90	1,91 %	2,39 %	1,01 %
Moyenne générale	1,54% ±0,83	2,32 % ± 1,21	0,71 %± 0,65

Graphique 5
EFFET DU MODE DE CONDITIONNEMENT DES TRANCHES ET DU MODE DE DÉBALLAGE DES MUSCLES SUR LE TBARS



Graphique 6
EFFET DU MODE DE CONDITIONNEMENT DES TRANCHES ET DE LA DURÉE DE STOCKAGE DE MUSCLES SUR LE TBARS





Si le conditionnement sous vide classique (PA/PE) des tranches ne génère pas d'altérations franches de la couleur de la viande, il conduit à des bordages légers, inférieurs à 20 % du pourtour des tranches et à un ternissement des exsudats peu attractif.

Pour des durées de stockage préalables des muscles de 40 et 90 jours à -1,5 °C et des niveaux de contamination faibles des muscles (série 2), les exsudats des tranches s'altèrent après 15 jours à + 4 °C. À ce titre, les défauts apparaissent plus rapidement si les entrecôtes sont tranchées rapidement après déballage (D1). Le mode de maturation semble peu influent même si le préstockage sous vide des muscles entiers apporterait un léger avantage.

Si les niveaux de contamination initiaux des muscles sont plus élevés (série 1), les exsudats s'altèrent après 60 jours de stockage des muscles à -1,5 °C suivis de 14 jours de stockage des tranches à +4 °C ou après 90 jours de stockage des muscles sous vide à -1,5 °C suivi de 8 jours de stockage des tranches à +4 °C.

Évaluation sensorielle des tranches

Toutes les entrecôtes tranchées ont été dégustées après 8 jours de stockage à + 4 °C après une cuisson au grill. Les dégustations n'ont été effectuées que sur les entrecôtes tranchées conditionnées sous vide ou sous mélange gazeux 50% N₂/50% CO₂. Après 20 à 40 jours de stockage total des muscles entiers, tous les produits étaient corrects. Après 90 jours de stockage total des muscles entiers, le mode de maturation des muscles n'induit pas de goût parasite sur les tranches conditionnées sous vide classique. Par contre, le délai de tranchage après déballage est influent : si les muscles sont tranchés immédiatement après déballage (D1), des goûts acides ont été perçus sur les tranches. S'ils sont tranchés 24 h après déballage, des goûts parasites de type gibier, renfermé ont été détectés. Malgré ces carences gustatives, les textures des viandes étaient juteuses et tendres.

Les tranches conditionnées sous mélange gazeux 50% N₂/50% CO₂ n'avaient aucun goût parasite quel que soit le mode de maturation préalable des muscles et quelle que soit la technique de déballage. Les textures étaient tendres et juteuses.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Il semble possible, avec des viandes françaises, d'accéder à des DLC d'entrecôtes sous vide proches de 75 jours, si :

- les entrecôtes sont traitées précocement et continûment, par le froid,
- le délai abattage/stockage à -1,5 °C des muscles sous vide est inférieur ou égal à 3 jours,
- la température de stockage est proche de -1,5 °C. À ce titre, une température de -1 °C est excessive,
- la contamination initiale des muscles sous vide en surface est inférieure à 16 UFC/g pour *Pseudomonas* et 10 UFC/g pour les entérobactéries.

Dans ces conditions, les entrecôtes sous vide exsudent 3% de leur poids en jus après 90 jours de stockage sachant qu'un exsudat de 3,7% est jugé visuellement comme excessif.

Des DLC supérieures de l'ordre de 90 jours, comparables à celles des viandes sud-américaines, pourraient malgré tout être envisagées s'il était possible de limiter le développement des entérobactéries lors du stockage à -1,5 °C ou de réduire leur population lors du conditionnement des muscles entiers.

Le niveau de vide des entrecôtes (3 mbar ou 8 mbar) semble avoir peu d'influence sur leur évolution bactériologique comme sur celle des produits tranchés qui en sont issus.

Le conditionnement le plus adapté des produits tranchés issus des entrecôtes sous vide stockées durant de longues durées est le conditionnement sous atmosphère modifiée sous mélange gazeux 50% N₂/50% CO₂ tant pour des raisons organoleptiques que visuelles.

Le conditionnement en sachet sous vide rétractable très imperméable (< 15 à 25 cm³/m²/24 h) se positionne de manière intermédiaire. Il est toutefois bien plus performant que le conditionnement sous vide en sachet de perméabilité moyenne (50 cm³/m²/24 h).

Enfin, le conditionnement sous atmosphère modifiée sous mélange gazeux 70% O₂/30% CO₂ n'est globalement pas adapté. La DLC envisageable à + 4 °C, après un stockage des muscles sous vide 40 jours à -1,5 °C est inférieure à 8 jours.

Pour ces conditionnements, le mode de déballage des viandes peut permettre d'améliorer la couleur des UVC. Un tranchage rapide après desouvidage pour les viandes piécées conditionnées sous mélange gazeux 50% N₂/50% CO₂ est conseillé, un tranchage différé de 24 h après déballage étant préférable pour les tranches conditionnées sous vide ou operculées en présence d'oxygène.

De même, le préstockage après abattage à l'état carcasse devra être réduit au maximum pour les produits conditionnés en absence d'oxygène (sous vide ou sous atmosphère modifiée) alors qu'il a plutôt tendance à améliorer la couleur des UVC operculées sous mélange gazeux avec oxygène. Enfin, si la couleur des entrecôtes tranchées sous atmosphère sans oxygène est restée acceptable après un stockage de 90 jours à -1,5 °C à l'état entier suivi de 14 jours à + 4 °C à l'état tranché, cette stabilité mériterait d'être vérifiée sur d'autres muscles plus fragiles en couleur tels que le filet ou le dessus de palette.

B I B L I O G R A P H I E

- (1) **LEGRAND I., 1992**, VPC 13 (6) 175-179.
- (2) **LEGRAND I., 1994**, VPC 15 (2) 57-63.
- (3) **ROUSSET S., RENERRE M., 1991**, Int. J. Food Sci. Tech. 26, p. 641.
- (4) **RENERRE M. ET AL., 1996**, VPC 17 (6) 297-299.
- (5) **GILL ET JONES, 1994**, Meat Sci. 38, p. 385.
- (6) **PENNEY ET BELL, 1997**, Food Res. Int. 31, p. 521.
- (7) **JEREMIAH, 2001**, Food Res. Int. 34 p. 749.
- (8) **GATELIER P., MERCIER Y., JUIN H., RENERRE M., MEAT SCI. 2005** (69) p.175-181.