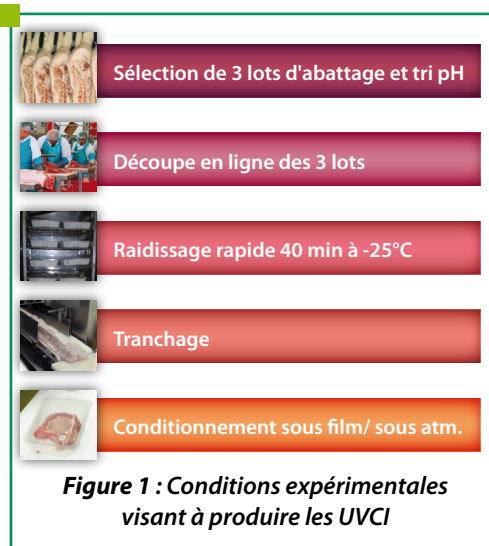


Incidence du mode de conditionnement sur la durée de vie de la viande de porc en UVCI

Le développement des UVCI (unités de vente de consommateur industrielles) avec des barquettes operculées sous atmosphère protectrice apporte depuis 2000 une technologie garantissant l'étanchéité aux exsudats et une plus longue durée de vie théorique. Cette augmentation de la DLC s'expliquerait par l'effet retard sur la croissance microbienne imputé aux gaz d'emballage d'où une plus grande sécurité et flexibilité logistique en comparaison aux conditionnements traditionnels sous film. Cette étude, réalisée en industrie vise à produire des données microbiologiques objectives éligibles à l'approche prévisionnelle et à montrer quels sont les principaux facteurs qui gouvernent la durée de vie des produits dans les conditions actuelles de mise sur le marché. La simulation de la croissance de flores microbiennes d'altération permet d'extrapoler les résultats expérimentaux à d'autres scénarios thermiques.

Conditions expérimentales

Les conditions expérimentales visant à produire les UVCI utilisées dans le cadre de cette étude sont schématisées selon la Figure 1.



Matériels et méthodes

Etude de vieillissement

Trois lots d'UVCI de côtes de porc, conditionnées sous air ou sous atmosphère modifiée (70 % O₂ – 30 % CO₂), ont été réceptionnés au laboratoire de microbiologie de l'Ifip. Les lots ont été utilisés afin d'évaluer l'impact de l'en-

vironnement gazeux sur l'altération bactériologique des côtes de porc conservées à 8°C. Pour cela, l'évolution de la contamination de bactéries d'altération de la viande a été mesurée au cours du temps. Les bactéries ont été dénombrées selon les normes AFNOR en vigueur : NF V04-504 pour les *Pseudomonas*, NF V08-054 pour les entérobactéries et NF ISO 15214 pour la flore lactique. A chaque point d'analyse, les dénombrements bactériens ont été réalisés sur trois échantillons de chacun des lots. Le pH de surface et l'a_w (Norme ISO 21807) des produits ont été mesurés à l'aide d'un pH-mètre (Orion 210A CG 818) combiné à une sonde plate (90413 Bioblock Scientific) et d'un A_wmètre (Aqualab). Enfin, des analyses de gaz (% O₂ et % CO₂) ont également été effectuées (Checkmate 9900, PBI DanSensor).

Ajustement des cinétiques bactériennes

L'ajustement du modèle logistique avec délai et rupture (Rosso, 1996) aux données expérimentales, réalisé à l'aide du logiciel Sym'Previous (<http://www.symprevious.net>), a permis de déterminer les paramètres caractéristiques de la croissance bactérienne pour chaque type bactérien, chaque lot et environnement gazeux. Les paramètres ainsi déterminés sont les suivants (Figure 2) :



Résumé

Cette étude propose une démarche originale afin d'évaluer l'impact du conditionnement sur l'altération microbologique de côtes de porc en UVCI.

La comparaison et le suivi de deux modes de conditionnement (sous film et sous atmosphère) a permis de caractériser le comportement de flores d'altérations et d'extrapoler les résultats pour d'autres scénarios thermiques que celui testé expérimentalement grâce au logiciel Sym'Previous.

Arnaud BOZEC
Véronique ZULIANI
Alain LE ROUX
Thierry LHOMMEAU

Cette étude a été financée par INAPORC.

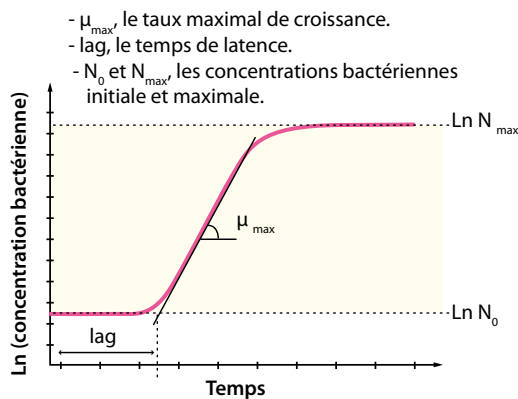


Figure 2 : Cinétique de croissance bactérienne et paramètres la caractérisant, (μ_{max} , lag, N_0 et N_{max})

Simulation de la croissance de *Pseudomonas*

Pour décrire l'effet de différents facteurs environnementaux (pH, a_{wv} , température) sur la croissance d'une bactérie, Sym'Previus modélise individuellement l'effet de chaque facteur environnemental sur le taux maximum de croissance, μ_{max} , relativement à sa valeur optimale μ_{opt} , obtenue pour des conditions optimales de croissance. Les interactions entre facteurs sont également prises en compte.

Les entérobactéries et la flore lactique sont constituées de nombreuses bactéries appartenant à plusieurs genres et présentant une diversité de caractéristiques physiologiques (en particulier en ce qui concerne la potentialité de croissance en fonction des paramètres environnementaux). Il est à l'heure actuelle impossible, compte tenu de l'approche prévisionnelle utilisée, de modéliser le comportement « globale » de ces groupes de bactéries. Les simulations ont donc exclusivement concernées le comportement de *Pseudomonas*, en fonction des conditions de conservation (température et environnement gazeux). La simulation du comportement de *Pseudomonas* a nécessité l'utilisation de deux modèles permettant de prédire les valeurs de μ_{max} et de lag.

Les concentrations maximales sont atteintes plus rapidement, quel que soit le type bactérien, lorsque les UVCI sont conditionnées sous air.



Résultats et discussion

Etude de vieillissement

La durée de vie des UVCI étudiées est respectivement de 7 jours pour les UVCI sous film et 11 jours pour les UVCI sous gaz. L'évolution de la flore bactérienne a été mesurée au delà de cette période. Les Figures 3, 4 et 5 illustrent les évolutions de concentrations bactériennes. A J0, la concentration est inférieure au seuil de détection pour tous les « types » bactériens dénombrés. Sur le graphique, c'est ce seuil qui a été utilisé afin d'illustrer la concentration initiale.

Les conditions environnementales des côtes de porc : pH, a_{wv}

température, environnement gazeux sont favorables au développement des bactéries étudiées puisqu'elles atteignent en fin d'expérience, des concentrations de l'ordre de 10^6 - 10^7 pour la flore lactique, 10^7 - 10^8 pour les entérobactéries et 10^8 - 10^9 pour les *Pseudomonas*. Ces concentrations maximales sont atteintes plus rapidement, quel que soit le type bactérien, lorsque les UVCI sont conditionnées sous air (environ 77 % N_2 , 22 % O_2 , 1 % de gaz rares).

Pour un même jour d'analyse et un même environnement gazeux, des différences significatives de concentrations bactériennes ont

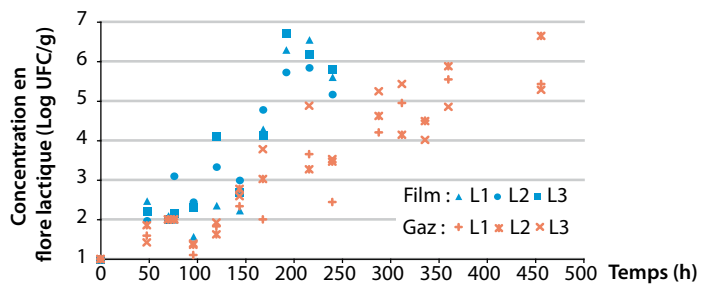


Figure 3 : Evolution de la concentration en flore lactique des UVCI conservées à 8°C

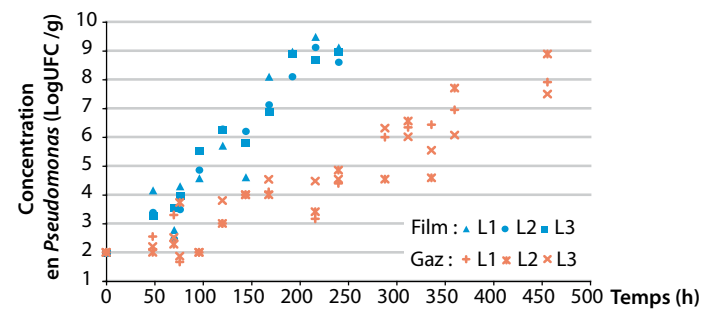


Figure 4 : Evolution de la concentration en *Pseudomonas* des UVCI conservées à 8°C

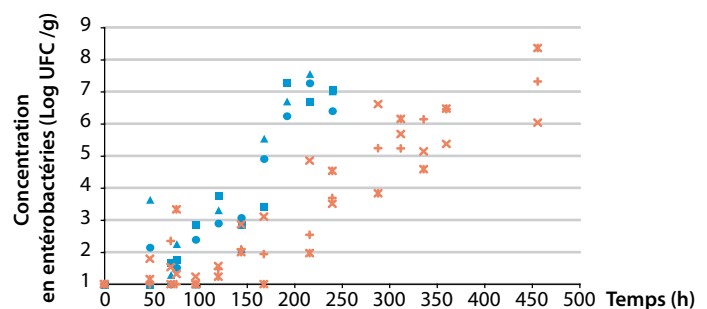


Figure 5 : Evolution de la concentration en entérobactéries des UVCI conservées à 8°C

été mesurées entre les lots. Ceci peut à la fois s'expliquer par des niveaux de contamination initiale certes faibles mais variables d'un lot à l'autre et par des propriétés physico-chimiques (pH, a_w) des côtes de porc et un environnement gazeux variable d'un lot à l'autre. Ceci se confirme d'autant plus que la variabilité mesurée est plus grande pour les côtes de porc conditionnées sous environnement gazeux par rapport à l'air.

L'étude de vieillissement a été réalisée en conservant les UVCI à 8°C. Ce n'est pas le scénario thermique classiquement appliquée (2/3 de la durée de vie microbiologique à 4°C puis le 1/3 suivant à 8°C) pour valider la durée de vie microbiologique. Cependant, il était indispensable d'assurer une croissance suffisante des bactéries à une température constante et proche de celle employée par les professionnels afin :

- d'estimer les vitesses de croissance et les temps de latence des bactéries
- d'extrapoler le taux optimal de croissance de *Pseudomonas* et ainsi prédire le comportement

de cette bactérie en surface des UVCI quel que soit le scénario thermique envisagé.

Au cours de leur conservation, les propriétés physico-chimiques des UVCI évoluent significativement. Le pH de surface, initialement proche de 5,4-5,6, augmente significativement au cours du temps, lorsque les UVCI sont conservées sous film alors que ceci n'est pas observé pour les UVCI conditionnées sous gaz. Le pH de la viande est la conséquence de réactions liées aux bactéries et au substrat : leurs activités contribuent à faire varier le pH. L'environnement gazeux a une incidence sur la vitesse des réactions enzymatiques des cellules musculaires ou liées au métabolisme bactérien. Les genres bactériens qui prédominent dans la flore lactique, sont différents selon l'environnement gazeux employé. Ceux qui se développent majoritairement sous air, synthétiseraient moins d'acide lactique donc acidifieraient moins le milieu que les genres bactériens plus adaptés au conditionnement sous mélange gazeux.

L' a_w des côtes est initialement comprise entre 0,992 et 0,994. Celle-ci évolue de manière aléatoire au cours du temps sans qu'aucune différence ne soit observée en fonction de l'environnement gazeux utilisé. La composition théorique du mélange gazeux utilisé dans cette étude est le suivant : 70 % d'O₂ et 30 % de CO₂. En début d'expérience, la concentration théorique est équivalente à la concentration mesurée expérimentalement. La quantité d'O₂ diminue au cours du temps, du fait de sa consommation par les bactéries aérobies jusqu'à atteindre une concentration palier proche de 55 %.

Ajustement des cinétiques bactériennes

L'ajustement d'un modèle primaire aux résultats expérimentaux a été réalisé pour chaque « type » bactérien, chaque lot et chaque environnement gazeux testé. Les taux maximum de croissance et les temps de latence spécifiques des conditions expérimentales ont ainsi été déterminés (Tableaux 1 et 2). Quel que soit le « type » bactérien étudié, le conditionnement sous

Le pH de surface augmente au cours du temps, lorsque les UVCI sont conservées sous film et non pour les UVCI conditionnées sous gaz.

Les genres bactériens qui prédominent dans la flore lactique, sont différents selon l'environnement gazeux employé.

Quel que soit le type bactérien étudié, le conditionnement sous gaz permet de réduire par deux sa vitesse de croissance.

Tableau 1 : Temps de latence (lag) de la flore lactique, des entérobactéries, des *Pseudomonas* dans les UVCI

		Lot 1	Lot 2	Lot 3	Moyenne
		Lag (h)	Lag (h)	Lag (h)	Lag (h)
Flore lactique	Sous film	38 ± 10	19 ± 7	28 ± 9	28 ± 10
	Sous gaz	110 ± 10	96 ± 8	34 ± 11	75 ± 51
Entérobactéries	Sous film	120 ± 9	100 ± 5	55 ± 9	94 ± 35
	Sous gaz	170 ± 12	130 ± 6	99 ± 10	133 ± 35
<i>Pseudomonas</i>	Sous film	0 ± 4	4 ± 4	0 ± 3	1 ± 2
	Sous gaz	0 ± 12	0 ± 7	0 ± 6	0 ± 0

Tableau 2 : Taux maximal de croissance (μ_{max}) de la flore lactique, des entérobactéries, des *Pseudomonas* dans les UVCI

		Lot 1	Lot 2	Lot 3	Moyenne
		μ_{max} (h ⁻¹)	μ_{max} (h ⁻¹)	μ_{max} (h ⁻¹)	μ_{max} (h ⁻¹)
Flore lactique	Sous film	0,059	0,056	0,062	0,059
	Sous gaz	0,035	0,032	0,040	0,035
Entérobactéries	Sous film	0,16	0,12	0,081	0,121
	Sous gaz	0,056	0,053	0,056	0,055
<i>Pseudomonas</i>	Sous film	0,088	0,089	0,086	0,088
	Sous gaz	0,03	0,035	0,033	0,034

Les temps de latence mesurés sont équivalents quel que soit le conditionnement appliqué.

gaz permet de réduire considérablement sa vitesse de croissance. En effet, celle-ci est en moyenne divisée par 2 pour les UVCI conditionnées sous le mélange gazeux étudié comparativement aux UVCI conditionnées sous film perméa-

ble à l'air. En revanche, les temps de latence mesurés sont équivalents quel que soit le conditionnement appliqué. Celui-ci est quasi nul pour les *Pseudomonas* alors qu'il est proche de 100 h (plus de 4 jours) pour les entérobactéries.

Simulation de la croissance de *Pseudomonas*

Simulation de la croissance en fonction de la température

La croissance de *Pseudomonas* a été simulée en considérant le scénario de conservation recommandé dans le guide de bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes HACCP (GBPH) pour l'abattage et la découpe des porcs, 2/3 à 4°C et 1/3 à 8°C (Figure 6) et un second scénario 1/3 à 4°C et 2/3 à 8°C (Figure 6 bis). Dans le GBPH, la concentration maximale en *Pseudomonas* à ne pas dépasser tout au long de la durée de vie, est égale à $m=10^6$ ufc/g ($c_1=2$ et $c_2=0$, $n=5$, $M=10m$).

Les deux scénarii montrent une prévision d'accroissement des

Prévision de l'accroissement des *Pseudomonas* pendant 7 jours sous film et 11 jours sous gaz

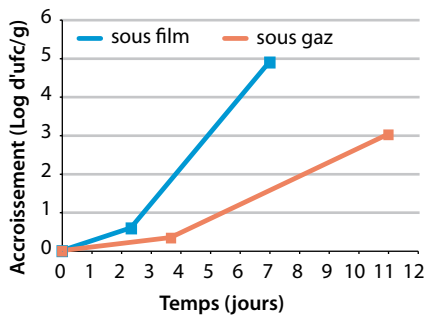


Figure 6 : 1/3 de la DVM à 4°C et 2/3 à 8°C

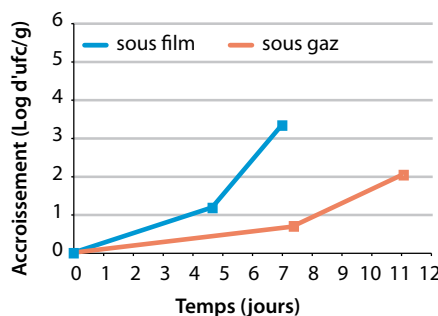


Figure 6 bis : 2/3 de la DVM à 4°C et 1/3 à 8°C

Scénarii réels réalisés par le CEMAGREF de l'usine au consommateur.

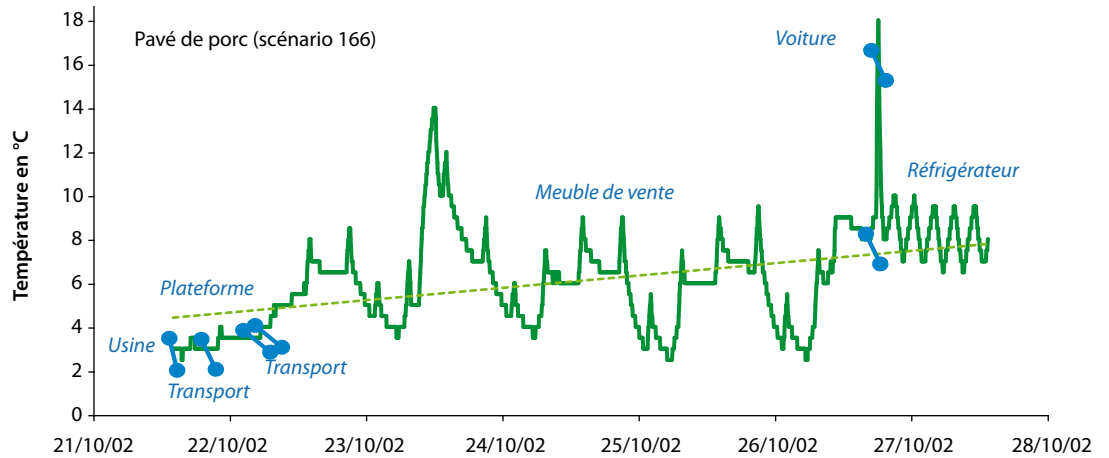


Figure 7 : Histoire thermique d'un pavé de porc sous vide x2, CEMAGREF (2002)

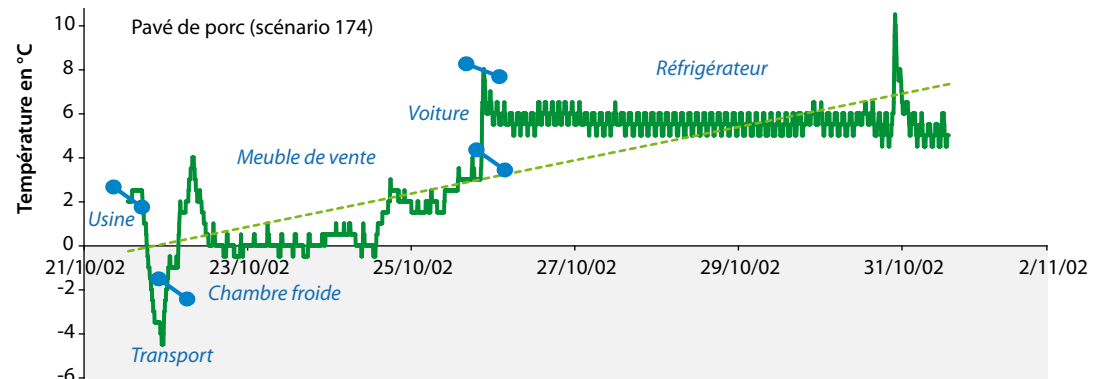


Figure 8 : Histoire thermique d'un pavé de porc sous vide x2, CEMAGREF (2002)

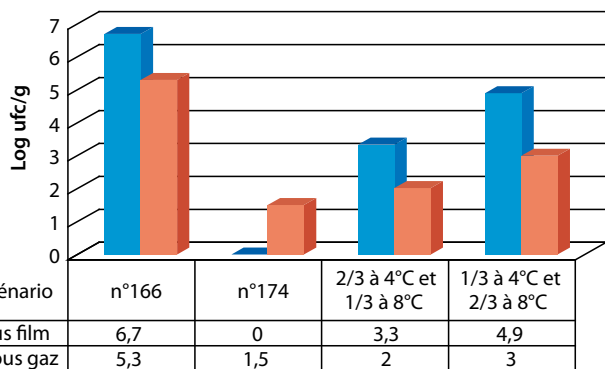


Figure 9 : Accroissement médian en Log ufc/g des *Pseudomonas* pour différents scénarii thermiques

Pseudomonas plus rapide sous film que sous gaz, cet accroissement est accéléré lors d'une rupture de la chaîne du froid à 8°C. En effet, après 7 jours sous film, l'accroissement des *Pseudomonas* est de 3.3 contre 4.9 Log d'ufc/g respectivement pour une rupture de la chaîne du froid de 1/3 et 2/3 de la DVM* à 8°C. Alors que sous gaz, après 11 jours de conservation la différence d'accroissement des *Pseudomonas* entre les deux scénarii n'exécède pas 1 log (2 vs 3 Log d'ufc/g).

Simulation de la croissance à l'aide de scénarii réels de température

Le CEMAGREF a réalisé pour l'ANIA en 2002 une évaluation de la chaîne du froid des produits réfrigérés en France. Le principe retenu, a été de réaliser un suivi de la chaîne du froid en continu, de l'expédition des produits réfrigérés jusqu'à la conservation domestique grâce à des enregistreurs de température placés sur des produits au conditionnement.

Pour les besoins de notre étude, nous avons retenu deux scénarii. Il s'agit de deux pavés de porc conditionnés sous vide. Leur histoire thermique est schématisée par les graphiques 7 et 8.

Afin de valoriser ces scénarii réels, ces données ont été introduites dans le logiciel Sym'Prévious dans l'objectif de modéliser les données microbiologiques de l'étude UVCI et de déterminer l'accroissement médian des *Pseudomonas* en Log ufc/g (Figure 9).

Le scénario thermique n°174 enregistré sur une période de 10 jours atteste une maîtrise de la chaîne du froid. Le produit reste <4°C de l'usine jusqu'à l'achat par le consommateur. Un tel scénario entraîne un faible accroissement médian des *Pseudomonas* (<0,5 Log sous film vs 1.5 Log sous gaz) qui reste inférieur au scénario théorique (3.3 Log sous film vs 2 Log sous gaz). Avec un niveau initial de 2 Log ufc/g, ce scénario permettrait de ne pas dépasser la valeur m = 6 Log ufc/g

(n=5, c1=2 et c2=0, M=10m) recommandée par le GBPH abattage/découpe. En revanche, un scénario thermique plus défavorable tel que le n°166, où la température varie avec de fortes amplitudes (+10°C) dans le meuble de vente et lors du transport en voiture, favorise un fort développement microbien (6.7 Log sous film vs 5.3 Log sous gaz) supérieur d'environ 3 Log au scénario théorique.

Conclusion

Cette étude propose une démarche originale afin d'évaluer l'impact du conditionnement sur l'altération microbiologique d'un produit. Classiquement, afin d'atteindre cet objectif, les contaminations bactériennes sont évaluées en début et en fin de vie, et c'est le potentiel de croissance qui est alors comparé.

Cependant, à la différence de l'approche proposée dans cette étude, les résultats ne peuvent être extrapolés pour d'autres scénarios thermiques que celui testé expérimentalement. Pour aller plus loin, l'approche suivie pour *Pseudomonas* pourrait être appliquée pour la flore lactique et les entérobactéries. Il serait alors indispensable, que le professionnel partenaire valide que les bactéries composant la flore lactique et les entérobactéries sont qualitativement équivalentes d'un lot de viande à un autre afin d'extrapoler les résultats à l'ensemble de la production.

Cette étude propose une démarche originale afin d'évaluer l'impact du conditionnement sur l'altération microbiologique d'un produit.

*DVM = Durée de Vie Microbiologique

L'approche suivie pour *Pseudomonas* pourrait être appliquée pour la flore lactique et les entérobactéries.

Contact :

arnaud.bozec@ifip.asso.fr

Références bibliographiques

- ROBLES-OLVERA. Comparaison de la croissance de *Pseudomonas spp* et *Listeria spp* en milieu liquide et en viande de bœuf. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal, 1999, 96 p
- ROSSO, L., BAJARD, S., FLANDROIS, J.P., LAHELLEC, C., FOURNAUD, J. et VEIT, P. Differential growth of *Listeria monocytogenes* at 4 and 8°C: consequences for the shelf life of chilled products. Journal of Food Protection, 1996, 59, 944-949.
- DERENS, E., GUILPART, J., PROSEN, E., PALAGOS, B. - 2003. La chaîne du froid, du fabricant au consommateur : les résultats de l'audit ANIA. Rapport final de l'étude Ania/Cemagref. 100 p.