

AVIS

de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif aux conséquences sur les flores microbiennes d'une réduction en taux de sel dans les aliments

LE DIRECTEUR GÉNÉRAL

1. Rappel de la saisine

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) s'est autosaisie le 20 juillet 2008 d'une demande d'avis relatif aux conséquences sur les flores microbiennes d'une réduction en taux de sel dans les aliments.

2. Contexte

Par Décision N° 2007/09/758 du 02 janvier 2008, un groupe de travail émanant du CES «Microbiologie» a été chargé de l'examen des «Risques microbiologiques liés à l'évolution des modes de production, de transformation et de consommation des aliments : conséquences en santé publique». Ce groupe de travail, réuni deux fois, a permis d'identifier des sous-thématiques qui pourraient mériter un développement particulier, sujets qui ont été présentés au CES «Microbiologie» du 10 avril 2008 ; celui-ci a retenu trois thèmes de travail, dont un sur les «risques microbiologiques liés à la réduction en sel dans les aliments».

Cette question a donné lieu à une auto-saisine de l'Afssa (saisine n°2008-SA-0173) en date du 20 juillet 2008.

3. Méthode d'expertise

Pour mener cette expertise, un groupe de rapporteurs, a été constitué.

L'objectif de cette saisine est de présenter de manière succincte les connaissances essentielles et des illustrations sur l'impact du sel sur le comportement microbien. L'expertise collective a été réalisée par le Comité d'experts spécialisés (CES) « Microbiologie» réuni le 11 décembre 2008.

4. Argumentaire

a. Introduction

Le sel alimentaire est en grande partie constitué de chlorure de sodium (NaCl). Le sel est nécessaire au bon fonctionnement de l'organisme. La communauté scientifique considère qu'une consommation de 4 g de sel par jour est suffisante pour combler les besoins d'un adulte et que les apports journaliers ne doivent pas être inférieurs à 1 à 2 g par jour (5).

Une surconsommation de sodium (plus de 12 g de sel par jour) pourrait être néfaste (5, 16), en favorisant notamment l'hypertension artérielle et le développement de maladies cardiovasculaires. Considérant ces différents éléments, l'Afssa a recommandé, en 2002, une réduction de la consommation de sel de 20% sur 5 ans (5).

La re-formulation des aliments est la solution la plus évoquée pour réduire l'apport de sel. Depuis 2002, des actions ont été menées par les pouvoirs publics auprès des professionnels, ou par les professionnels eux-mêmes, comme par exemple (1) :

- Sensibilisation des boulangers sur la question de l'utilisation du sel lors de leur formation,
- Création de nouveaux produits à teneur réduite en sel (charcuteries),
- Rédaction de guides de bonnes pratiques de salage en fromagerie (6),
- Formulation de nouvelles recettes (soupes).

Les premiers résultats de l'enquête INCA 2 montrent une réduction globale des apports en sel des français, sans que les objectifs de réduction de 20% sur 5 ans préconisés en 2002 soient entièrement atteints. Cette réduction est variable suivant la catégorie d'aliments (1).

Comme il est indiqué dans le rapport « Sel, évaluations et recommandations » de l'Afssa de 2002, « Compte tenu des contraintes technologiques, organoleptiques et hygiéniques, la marge d'action est différente selon les produits alimentaires (large pour les produits de boulangerie, plus limitée pour la charcuterie et les fromages, variable pour les différents produits industriels) ». Il faut en particulier s'assurer que la réduction en taux de sel n'affecte pas la stabilité microbiologique des aliments. En effet, les conséquences d'une reformulation sur la croissance des micro-organismes pathogènes ou d'altération, restent parfois méconnues (13) et méritent d'être prises en considération¹ (16).

b. Taux de sel et activité de l'eau

L' a_w (activité en eau – activity water) peut-être définie comme la proportion d'eau disponible pour les réactions biologiques (et donc la croissance des microorganismes). L' a_w est déterminée par le rapport de la pression de vapeur d'eau au-dessus de tout échantillon sur la pression de vapeur d'eau au-dessus de l'eau pure à la même température. L' a_w s'exprime par un nombre sans dimension compris entre 0 et 1. Il est important de souligner que les mesures de l' a_w peuvent, en l'absence de protocole standardisé, présenter une hétérogénéité importante suivant le matériel ou la méthode de calibration utilisés.

La diminution de l'activité de l'eau dans les aliments est une méthode usuelle pour la conservation des aliments. Le sel est avec d'autres composés (comme le sucre) un des principaux constituants qui réduit l'activité de l'eau (a_w) des aliments. Le tableau 1 présente les a_w moyennes de différents aliments.

Il existe une relation directe entre la concentration en NaCl et l' a_w . Plusieurs formules mathématiques ont été proposées afin de calculer l'activité de l'eau en fonction de la concentration en sel de l'aliment (12, 18). Ces formules sont valables pour un aliment donné.

Tableau 1. Synthèse des a_w moyennes dans les aliments

Aliments	a_w moyenne
Jambon cuit	0,98
Camembert	0,95 - 1
Saumon fumé	0,95 - 0,97
Pâté	0,96 - 0,98
Fruits, légumes	0,95 - 1
Pain	0,94 - 0,96
Saucisse sèche	0,87 - 0,95
Jambon sec	0,89
Confiture	0,80
Miel	0,55 - 0,75
Biscuits	0,30
Lait en poudre	0,20

¹ Des programmes de recherche sont en cours afin de préciser ces différents points.

c. Impact d'une réduction du taux de sel sur le comportement des micro-organismes

On définit généralement une valeur limite d' a_w en dessous de laquelle la croissance du micro-organisme n'est plus possible ($a_{w \text{ min}}$).

Le tableau 2 présente les différentes valeurs d' $a_{w \text{ min}}$ pour différents microorganismes (pathogènes, d'intérêt technologique et d'altération).

Tableau 2 : Synthèse des $a_{w \text{ min}}$ des microorganismes

	Espèces	$a_{w \text{ min}}$	Références
<i>Bactéries</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i>	0,96	(12)
	<i>Bacillus cereus</i>	0,92	(2)
	<i>Brevibacterium linens</i>	0,88	(6)
	<i>Campylobacter</i>	0,987	(3, 12)
	<i>Clostridium botulinum</i>	0,94	(4)
	<i>Clostridium perfringens</i>	0,97	(12)
	<i>Corynebacterium sp.</i>	0,91	(6)
	<i>Escherichia coli</i>	0,95	(12)
	<i>Lactobacillus helveticus</i>	0,96	(6)
	<i>Lactococcus lactis</i>	0,96	(6)
	<i>Listeria monocytogenes</i>	0,92	(7, 12)
	<i>Micrococcus sp.</i>	0,88	(6)
	<i>Plesiomonas</i>	0,96	(12)
	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>	0,95	(6)
	<i>Pseudomonas sp.</i>	0,95	(14)
	<i>Salmonella spp.</i>	0,94	(12)
	<i>Shigella</i>	0,96	(12)
	<i>Staphylococcus aureus</i>	0,83	(12)
	<i>Streptococcus pyogenes</i>	0,95	(6)
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	0,98	(6)
<i>Vibrio cholerae</i>	0,97	(12)	
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0,94	(12)	
<i>Vibrio vulnificus</i>	0,96	(12)	
<i>Yersinia Enterocolitica</i>	0,945	(12)	
<i>Levures</i>	<i>Candida utilis</i>	0,94	(6)
	<i>Debaryomyces hansenii</i>	0,83	(6)
	<i>Geotrichum candidum</i>	0,95	(6)
	<i>Rhodotorula</i>	0,91	(6)
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0,9	(6)
<i>Moisissures</i>	<i>Aspergillus flavus</i>	0,8	(12)

<i>Aspergus versicolor</i>	0,78	(6)
<i>Cladosporium herbarum</i>	0,88	(6)
<i>Fusarium</i>	0,99	(12)
<i>Mucor plumbeus</i>	0,93	(6)
<i>Mucor sp.</i>	0,92	(6)
<i>Penicillium camemberti</i>	0,86	(6)
<i>Penicillium roqueforti</i>	0,75	(6)

Selon la valeur initiale de l' a_w de l'aliment, et à pH donné, la réduction du taux de sel (et donc l'augmentation de l'activité de l' a_w) pourrait :

- ne pas avoir d'incidence défavorable sur la multiplication des micro-organismes dans des aliments, qui demeure impossible (l'activité de l'eau reste inférieure à l'activité de l'eau minimale de croissance $a_w < a_{w \text{ min}}$).
- soit rendre possible la multiplication de certains micro-organismes dans des aliments (l'activité de l'eau devient supérieure à l'activité de l'eau minimale de croissance $a_w > a_{w \text{ min}}$). Par exemple, d'après la Figure 1, pour un produit conservé à 20°C, la croissance de *E. coli* n'est pas possible à une a_w de 0,96, mais devient possible à une a_w de 0,965.
- soit de permettre une multiplication microbienne plus rapide de certains micro-organismes (raccourcissant la phase de latence et en augmentant la vitesse de multiplication). Par exemple, pour la Figure 2, la croissance de *Listeria monocytogenes* à 4°C et pH 5,8 est présentée pour deux activités de l'eau (deux concentrations en sel) différentes. Avec une activité de l'eau qui passe de 0,965 à 0,97 (réduction en sel d'environ 15%), la bactérie met 7,5 jours de moins pour atteindre la concentration de 100 bactéries par g.

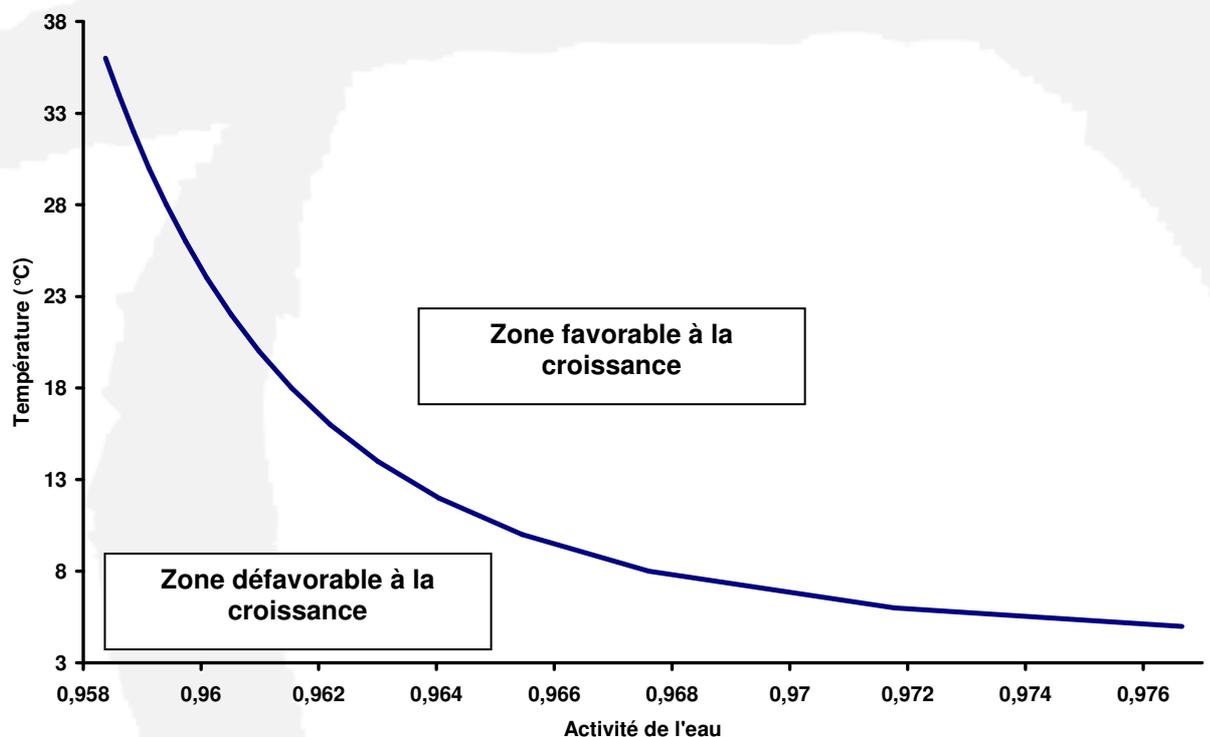


Figure 1. Limite de croissance pour *E. coli* en fonction de l'activité de l'eau et de la température (D'après 15).

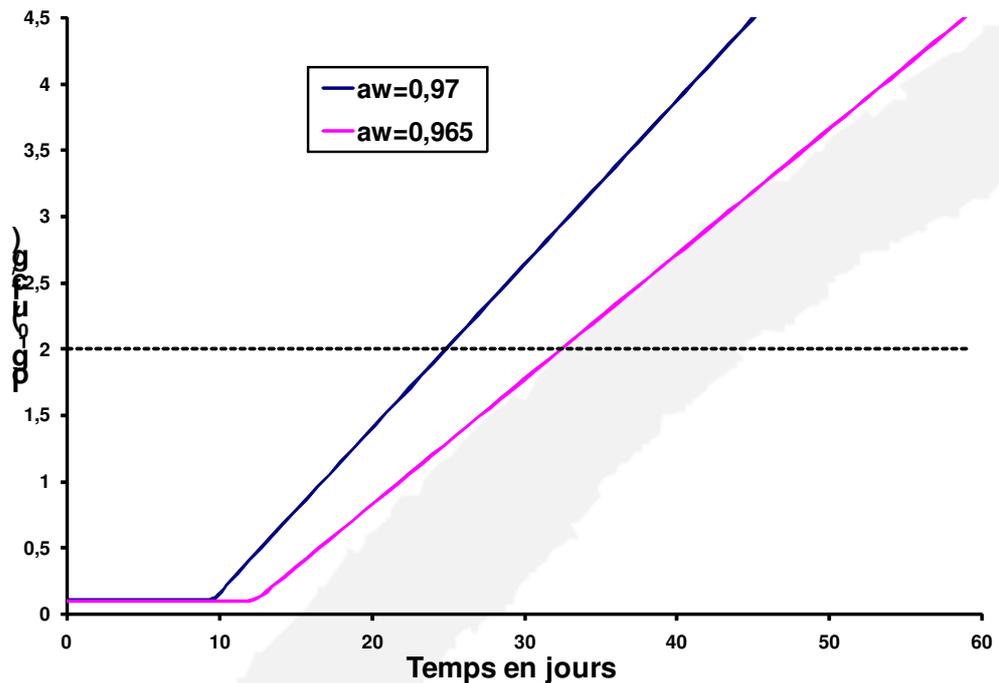


Figure 2. Croissance de *Listeria monocytogenes* à 4°C et pH 5,8 pour deux a_w différentes.

d. Exemples de solutions alternatives pour compenser la réduction en sel

Compensation d'une augmentation de l' a_w par une diminution de pH : exemple de l'emploi d'acides organiques

De nombreux acides organiques (acides acétique, lactique, sorbique, citrique) sont utilisés dans l'industrie alimentaire comme agents de conservation (10).

Les acides organiques sont présents sous deux formes : une forme dissociée et une forme non dissociée. L'équilibre entre ces deux formes dépend du pH de l'aliment. Quand le pH est égal au pKa de l'acide, on retrouve autant des deux formes de l'acide. La forme non dissociée, prépondérante à pH acide, est la forme la plus efficace pour inhiber la multiplication des micro-organismes.

Substitution du chlorure de sodium par d'autres sels et maintien de l' a_w : exemple du chlorure de potassium

Le chlorure de potassium contient des ions chlorures qui interviennent sur le caractère salé du produit. Il ne contient pas de sodium et n'a donc pas d'effet notable sur la santé. Il a un effet équivalent au NaCl, vis-à-vis de l' a_w (17). Plusieurs publications ont ainsi démontré que le KCl est aussi inhibiteur que le NaCl pour des micro-organismes tels que *Listeria monocytogenes* (9), *Enterobacter sakazakii* et *Aeromonas hydrophila* (8).

La mise en œuvre d'une diminution de la teneur en sel des aliments, accompagnée ou non de solutions alternatives permettant de diminuer la teneur en sel des aliments, devra être précédée d'une étude sur l'impact technologique éventuel d'une diminution de la teneur en sel (et de son éventuelle substitution), et prendre en compte l'impact sur les principales flores microbiennes d'altération ou pathogènes.

e. Réduction du taux de sel et durée de vie microbologique : exemple d'une viande crue salée

Pour l'aliment considéré dans l'exemple, les deux flores microbiennes d'intérêt sont (i) *Pseudomonas* (qualité organoleptique) et *L. monocytogenes* (qualité sanitaire). Les propriétés

physico-chimiques des produits étudiés sont présentées dans le tableau 3. L'objectif est de mesurer l'impact d'une réduction de 25% du taux de sel sur la durée de vie du produit. Pour cela, des simulations de croissance de *Pseudomonas* et *Listeria monocytogenes* dans ces produits ont été réalisées à partir de leurs caractéristiques physico-chimiques selon un scénario de conservation de 15 jours à 4°C suivis de 30 jours à 8°C.

Tableau 3. Caractéristiques physico-chimiques des produits sélectionnés pour l'étude

Dénomination du produit	Sel (%)	pH	a _w
Produit de référence	3	5,9	0,95
Produit à teneur réduite en sel	2,25	6,0	0,97

Les résultats de simulation de la croissance de *Pseudomonas* à partir d'un inoculum initial de 100 germes/gramme sont présentés sur la Figure 3. Alors que sur le produit de référence, aucune croissance *Pseudomonas* n'est prédite, sur les produits à teneur réduite en sel (-25%) une croissance importante de ce germe est obtenue dès que les produits sont conservés à 8°C. La contamination atteint un niveau de 10⁶ germes/g après 10 jours à 8°C, niveau de contamination entraînant une altération du produit.

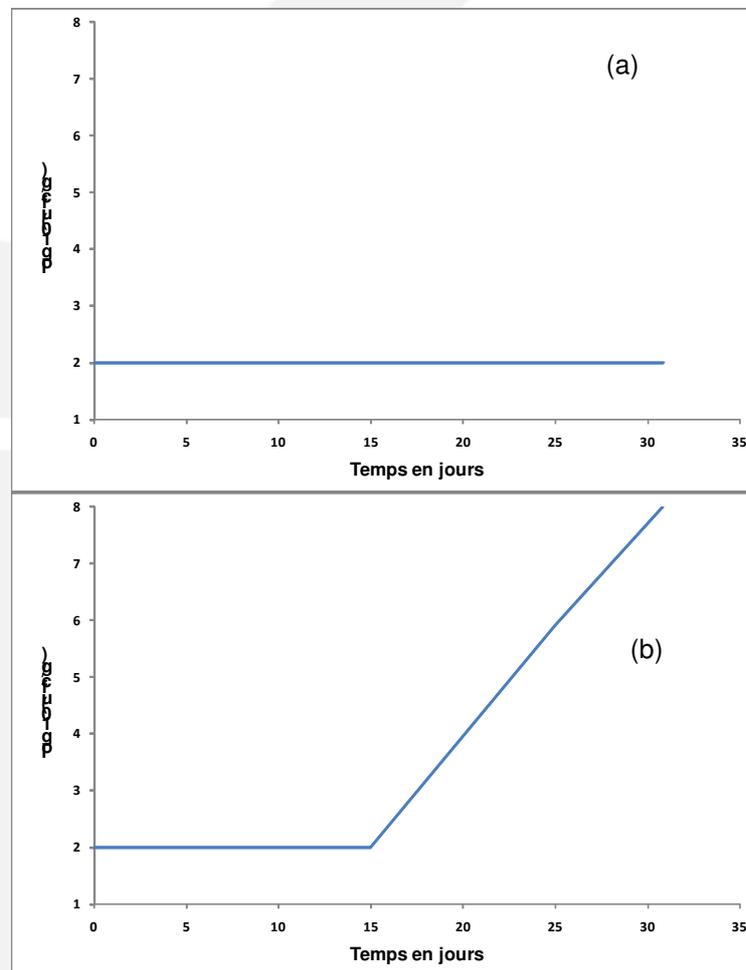


Figure 3: Simulation de la croissance de *Pseudomonas* dans les produits témoins (a), dans les produits à teneur réduite en sel (b).

Pour *Listeria monocytogenes*, Les résultats de simulation de croissance établis dans les mêmes conditions montrent qu'en fixant une contamination initiale à 10 germes par gramme, le seuil rendant

le produit impropre à la consommation de 100 germes/gramme fixé par le règlement européen CE n°2073/2005 serait atteint en 16 jours pour le produit de référence et en seulement 12 jours pour le produit à teneur réduite en sel.

5. Conclusions - recommandations

Selon le type d'aliment et sa composition initiale, la réduction du taux de sel peut parfois permettre la multiplication des micro-organismes pathogènes ou d'altération ou conduire à une multiplication microbienne plus rapide et ainsi raccourcir la durée de vie des aliments concernés.

Il est donc nécessaire, avant de réduire le taux de sel, de prendre en compte et de mesurer l'impact de ces changements sur la durée de vie. Pour cela plusieurs outils (complémentaires) sont à la disposition des opérateurs :

- Les mesures des caractéristiques de l'aliment (taux de sel, a_w). Elles peuvent être comparées aux valeurs limites permettant la croissance des micro-organismes d'après la bibliographie scientifique (confère par exemple sur le site de l'Afssa les fiches de description des dangers microbiologiques). A l'issue de cette comparaison, il est parfois possible de préciser de façon qualitative le comportement des flores pathogènes ou d'altération.
- Les tests de vieillissement. Ils permettent de suivre l'évolution des flores microbiennes naturellement présentes dans l'aliment. Des lignes directrices pour la réalisation de ces tests ont été publiées par l'Afnor (norme XP V01-003). Ces tests permettent d'obtenir facilement les niveaux des différentes flores habituellement présentes dans le produit à la fin de la durée de vie du produit. Les tests de vieillissement sont par contre inadaptés pour les germes pathogènes qui ne contaminent qu'exceptionnellement les produits.
- Les tests de croissance. Ils consistent à inoculer volontairement des micro-organismes dans les aliments. Ces tests sont particulièrement utiles pour étudier le comportement de bactéries pathogènes. Des lignes directrices pour la réalisation de ces tests ont été présentées dans l'avis de l'Afssa du 9 mars 2005 relatif à la classification des aliments au regard du danger *Listeria monocytogenes*. Il existe également une norme AFNOR et un document du Laboratoire Communautaire de Référence *Listeria monocytogenes* (11) pour la réalisation de ces tests. Ils permettent d'estimer le potentiel de croissance et éventuellement le temps de latence et la vitesse de multiplication des micro-organismes.
- La microbiologie prévisionnelle. Elle consiste à décrire le comportement des micro-organismes à l'aide de modèles mathématiques. Les modèles permettent en fonction des caractéristiques de l'aliment (a_w , pH, température) de prévoir le comportement des micro-organismes.

Le Directeur général

Marc MORTUREUX

6. Références

1. Afssa. 2007. Evolution et origine des apports en sel chez les adultes : résultats de l'étude INCA 2, Colloque PNNS du 12 décembre 2007 et Dubuisson et al. (2010). Trends in food and nutritional intakes of French adults from 1999 to 2007 : results from the INCA surveys. British journal of nutrition 103:1035-1048.

2. Afssa. 2001. Fiche de danger microbiologique : Bacillus cereus.
3. Afssa. 2006. Fiche de danger microbiologique : Campylobacter spp.
4. Afssa. 2006. Fiche de danger microbiologique : Clostridium botulinum, Clostridium neurotoxigènes. Agent du botulisme.
5. Afssa. 2002. Rapport sel : évaluation et recommandations.
6. Atla, ITFF, and Arilait recherches. 2004. Manuel du salage en fromagerie : théorie & pratiques.
7. Augustin, J.-C., V. Zuliani, M. Cornu, and L. Guillier. 2005. Growth rate and growth probability of Listeria monocytogenes in dairy, meat and seafood products in suboptimal conditions. Journal of Applied Microbiology 99:1019-1042.
8. Bidlas, E., and R. J. W. Lambert. 2008. Comparing the antimicrobial effectiveness of NaCl and KCl with a view to salt/sodium replacement. International Journal of Food Microbiology 124:98-102.
9. Bozariis, I. S., P. N. Skandamis, M. Anastasiadi, and G. J. Nychas. 2007. Effect of NaCl and KCl on fate and growth/no growth interfaces of Listeria monocytogenes Scott A at different pH and nisin concentrations. Journal of Applied Microbiology 102:796-805.
10. Brul, S., and P. Coote. 1999. Preservative agents in foods. Mode of action and microbial resistance mechanisms. International Journal of Food Microbiology 50:1-17.
11. EU Community Reference Laboratory for L. monocytogenes. 2008. Technical guidance document on shelf-life studies for Listeria monocytogenes in ready-to-eat foods - http://ec.europa.eu/food/food/biosafety/salmonella/docs/shelflife_listeria_monocytogenes_en.pdf.
12. ICMSF. 1996. Microorganisms in Foods 5. Characteristics of Microbial Pathogens.
13. Leinster, L. 2000. Basic aspects of food preservation by hurdle technology. International Journal of Food Microbiology 55:181-186.
14. Neumeyer, K., T. Ross, and T. A. McMeekin. 1997. Development of a predictive model to describe the effects of temperature and water activity on the growth of spoilage pseudomonads. International Journal of Food Microbiology 38:45-54.
15. Presser, K. A., T. Ross, and D. A. Ratkowsky. 1998. Modelling the growth limits (growth/no growth interface) of Escherichia coli as a function of temperature, pH, lactic acid concentration, and water activity. Applied and Environmental Microbiology 64:1773-1779.
16. Sleator, R. D., and C. Hill. 2007. Food reformulations for improved health: A potential risk for microbial food safety? Medical Hypotheses 69:1323-1324.
17. Vandendriessche, F. 2008. Meat products in the past, today and in the future. Meat Science Symposium on Meat safety: From Abattoir to Consumer 78:104-113.
18. Zuliani, V. 2005. Prédiction de la contamination bactérienne lors de la fabrication et de la conservation d'un aliment- Application à de la viande de porc contaminée par Listeria monocytogenes. Thèse de doctorat. Université d'Auvergne Blaise Pascal.

7. Mots-Clefs

sel ; durée de vie ; activité de l'eau